

اثر سطوح مختلف بتائین جیره بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*)

مریم نوروزی زاده^۱، حمید علاف نویریان^{۱*}، علی حسین پور^۲، میرمسعود سجادی^۱

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

۲- موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، گیلان

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۱۰

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر سطوح مختلف بتائین شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) طراحی و اجرا گردید. تحقیق مورد نظر دارای ۴ تیمار و هر تیمار دارای ۳ تکرار بود. تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی ازون برون با میانگین وزنی 4 ± 32 گرم (میانگین وزن \pm نحراف معیار) به طور تصادفی در ۱۲ تانک فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (در هر تانک ۱۵ عدد ماهی) به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. ماهیان سه بار در روز و بر اساس اشتها به صورت دستی غذادهی شدند. نتایج نشان داد در میزان افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیت، ضریب تبدیل غذایی و بازماندگی تفاوت معنی دار آماری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$)، ولی افزودن سطوح مختلف جاذب بتائین به جیره ماهی ازون برون تاثیر معنی داری بر ترکیبات بدن ماهی ازون برون داشت ($p < 0.05$)، به طوری که پروتئین بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری را نشان داد. چربی بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی داری را نشان داد. میزان رطوبت بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین و تیمار تغذیه شده با غذای ۱٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی داری را نشان داد. میزان خاکستر بدن در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از بتائین گرچه فاقد اثر معنی دار مثبت بر عملکرد رشد بود، اما باعث بهبود ترکیب شیمیایی لاشه در بچه ماهی ازون برون شد.

کلمات کلیدی: مواد جاذب، رشد، ترکیبات شیمیایی، تاسماهیان

مقدمه

در بین گونه‌های متنوع آبزیان، ماهیان خاویاری جزء ارزشمندترین موجودات آبی محسوب می‌شوند. توجه بیش از حد به ارزش تجاری این ماهیان، عاملی برای آسیب رساندن به ذخایر آنها شده است. در حال حاضر کلیه گونه‌های ماهیان خاویاری در دریای خزر و حوضه آبریز آن، در فهرست ماهیان در معرض خطر قرار دارند (IUCN, 2012). بنابراین، تکثیر و پرورش مصنوعی این ماهیان می‌تواند راهکاری مناسب برای بازسازی ذخایر و تامین نیازمندی‌های گوشت و خاویار باشد (Chebanov and Billard, 2001).

ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) یکی از گونه‌های مهم ماهیان خاویاری است. از مزیت‌های این گونه می‌توان به کیفیت بالای گوشت و بازارپسندی فوق‌العاده آن و مدت زمان کمتر برای رسیدن به مرحله بلوغ و تولید خاویار نسبت به اکثر گونه‌های خاویاری (۷ تا ۸ سال) و همچنین میزان بالای خاویار استحصالی نسبت به وزن بدن (به طور متوسط ۱۹ درصد) اشاره کرد (کیوان، ۱۳۸۲). استفاده از مواد جاذب در جیره سبب تحریک اشتها در ماهیان خاویاری شده و می‌تواند اثر مثبتی در جذب غذا توسط این ماهیان داشته باشد. مقایسه پرورش بچه ماهیان خاویاری با استفاده از جیره‌های مختلف حاکی از آن است که تاثیر جیره‌ها بر رشد به ترکیب مواد غذایی، تناسب و اندازه پلت و قطر گرانول‌ها با اندازه دهانی ماهی و همچنین به بو و مزه آن وابسته می‌باشد (Mohseni et al. 2007). مطالعات آزمایشگاهی حاکی از آن است که تاسماهیان غذا را بیشتر به وسیله بو و طعم جذب می‌کنند (Kasumyan and Doving, 2003). بنابراین، افزودن مواد جاذب در جیره غذایی می‌تواند سبب تحریک گیرنده‌های چشایی و بویایی شده و در مصرف غذا تاثیر داشته باشد (Kasumyan and Sidorov, 2005). استفاده از جاذب‌های شیمیایی در محیط‌های آبی به دلایل مختلفی از جمله رفع مشکلات مربوط به عدم پذیرش غذاهای مصنوعی (Fast and Lester, 1992)، افزایش مصرف یک غذای نامرغوب و یا اصلاح رفتار تغذیه‌ای و پذیرش بهتر غذا می‌باشد (Hughes, 1990).

بتائین یک آمینواسید اشتقاقی غیرسمی است که به طور گسترده در طبیعت توزیع شده است (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴). بتائین به دلیل ویژگی‌هایی همانند خاصیت ترمیم آسیب‌های کبدی، جلوگیری از تجمع چربی در کبد، بهبود کارایی کبد، تنظیم کننده فشار اسمزی، تسهیل متابولیسم چربی‌ها، محرک رشد، تحمل بالای درجه حرارت، خاصیت متیل‌دهندگی و افزایش خوش خوراکی غذا می‌تواند در امر آبی‌پروری و تغذیه بسیار مفید و ارزشمند باشد (Rumsay, 1991; Harpaz, 1996).

بتائین به دلیل تحریک حس بویایی و چشایی، به عنوان ماده‌ای جهت تحریک آبزیان به غذا خوردن استفاده می‌شود. این خاصیت منحصر به فرد بتائین ناشی از ساختمان دوقطبی و فعالیت شیمیایی گروه‌های متیل آن می‌باشد که می‌تواند در واکنش‌های آنزیمی فعال باشد (سوداگر و همکاران، ۱۳۸۴). بتائین به عنوان تنها دهنده مستقیم گروه متیل، نقشی مهم در تامین این گروه در بدن دارد (Polat and Beklevik, 1999; Papatryphon and Soares, 2000).

این ماده از طریق متیل‌دهندگی می‌تواند در واکنش‌های ترانس متیلاسیون برای ساخت موادی مانند کراتین، فسفاتیدیل کولین، کارنیتین، آدرنالین، متیونین و متیل پورین‌ها مورد استفاده قرار گیرد. این مواد در متابولیسم پروتئین و انرژی نقش کلیدی دارند (Polat and Beklevik, 1999; Tiril et al. 2008). بتائین در نهایت تبدیل به اسیدآمین گلايسين می‌شود که یک آمینواسید مهم در سنتز پروتئین و رشد عضلات است (گروه علمی و تحقیقی بیوشم، ۱۳۸۲). بتائین با تاثیر بر هموسیستئین، باعث تبدیل این ماده به متیونین می‌شود. بدین ترتیب هموسیستئین که یک ماده سمی بوده و باعث تصلب دیواره رگ‌ها می‌شود، از خون حذف گردیده (Hankey and Eikelboom, 1999) و بدن نیز دچار کمبود متیونین نمی‌شود (De Zwart et al. 2003).

بتائین به طور غیرمستقیم با تولید کارنیتین باعث هضم اسیدهای چرب بلند زنجیره شده و به این ترتیب از بروز نارسایی‌های کبدی جلوگیری می‌کند (گروه علمی و تحقیقی بیوشم، ۱۳۸۲). بتائین، سبب افزایش جذب

مجهاز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی با دبی آب ۳/۸ لیتر در دقیقه (آب چاه) پرورش داده شدند. ماهیان ۳ بار در روز در فواصل زمانی منظم در ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۶:۰۰ و بر اساس اشتها به صورت دستی غذادهی شدند. جیره غذایی مورد استفاده در این آزمایش حاوی سطوح مختلف بتائین شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بود. از جیره تجاری به عنوان جیره پایه استفاده گردید سپس ماهیان به مدت ۸ هفته با جیره های آزمایشی تغذیه شدند. جیره تجاری از کارخانجات خارجی تهیه غذای آبزیان (بیومار فرانسه) خریداری و مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). بتائین مورد استفاده محصول شرکت آرین رشد افزا (استان تهران) و به صورت کاملاً پودری بود. برای تهیه سطوح مختلف جاذب بتائین (میزان مورد نیاز بر حسب گرم در کیلوگرم جیره) جاذب بتائین (با خلوص ۹۶ درصد بتائین) در ۵۰ میلی لیتر آب جوشیده ولرم، به مدت ۱۰ دقیقه حل گردیده و روی پلت‌ها اسپری شد (Yilmaz, 2005).

فاکتورهای فیزیکی‌شیمیایی آب از قبیل اکسیژن محلول، درجه حرارت، میزان اشباعیت و pH هفته‌ای دو بار با استفاده از دستگاه دیجیتالی (YK-2001DO, Lutron, Taipei, Taiwan) اندازه‌گیری شدند. در طول دوره، میانگین دما 0.2 ± 16.17 درجه سانتی‌گراد، میانگین pH 0.22 ± 8.48 ، میانگین اکسیژن محلول 0.14 ± 7.75 میلی‌گرم بر لیتر و درصد اشباعیت 0.79 ± 83.59 بود.

جدول ۱ مشخصات و آنالیز شیمیایی جیره غذایی تجاری بیومار.

اندازه (mm)	پروتئین (%)	چربی (%)	خاکستر (%)	فسفر (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)
۱/۹	۴۷	۱۶	۲/۳	۱/۱۶	۱/۵۸	۰/۴۳

تعیین شاخص‌های رشد

هر دو هفته یکبار ابتدا پس از قطع غذای ۲۴ ساعته، ماهیان با استغاده از پودر گل میخک به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۵) بیهوش شده و میزان وزن و طول بچه ماهیان به ترتیب با دقت ۰/۱ گرم

ویتامین‌ها شده و در تحریک اشتها و بالا بردن مقاومت آبزیان نقش بسزایی دارد (افشارمازندران، ۱۳۸۱). این جاذب غذایی نه تنها سبب تحریک جانوران آبزی به تغذیه می‌شود، بلکه از طریق تجمع در سلول‌های ماهیچه‌ای سبب افزایش مقاومت ماهیان نسبت به تغییرات شوری خواهد شد (Clarck et al. 1994).

بتائین با ساختار شیمیایی ویژه به عنوان یک ماده جاذب در جیره غذایی بسیاری از آبزیان استفاده می‌شود (Eklund et al. 2005). به عنوان مثال جاذب بتائین در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) سبب افزایش مصرف غذا و افزایش رشد در این ماهیان گردیده است (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۰؛ صفی‌الحسینی و اکرمی، ۱۳۹۲). همچنین، این جاذب اثر مثبتی بر رشد میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) (اسدی و همکاران، ۱۳۸۹)، بچه فیل‌ماهی (*Huso huso*) (محسنی، ۱۳۹۶)، بچه ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca auratus*) (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶)، کپور معمولی (Murthy et al. 2016) و ماهی کاراس (*Carassius gibelio*) (Dong et al. 2018) داشته است. علی‌رغم مزایای استفاده از بتائین به عنوان جاذب غذایی در تغذیه موجودات مختلف از جمله آبزیان، مطالعات اندکی در مورد اثر این ترکیب بر شاخص‌های رشد و ترکیب شیمیایی بدن تاسماهیان انجام شده است. از این رو هدف از مطالعه کنونی، بررسی عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهی ازون برون پس از تغذیه از جیره حاوی جاذب غذایی بتائین در چهار سطح مختلف بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت ۶۰ روز در موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر (رشت، گیلان) انجام شد. تحقیق مورد نظر دارای ۴ تیمار و هر تیمار دارای ۳ تکرار بود. تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی ازون برون با میانگین وزنی حدود ۳۲ گرم به طور تصادفی در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (در هر وان ۱۵ عدد، قطر ۱۰۰ سانتیمتر، ارتفاع ۵۳ سانتیمتر و حجم آگیری ۳۵۰ لیتر) در فضای سرپوشیده

آنالیز آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

نخست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شدند و پس از مشخص شدن نرمال بودن داده‌ها، برای بررسی همگنی آنها از آزمون Levene و برای تشخیص وجود اختلاف بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده گردید و مقایسه میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) انجام شد. آنالیز آماری طرح با بسته نرم افزاری SPSS (نسخه ۱۸) صورت گرفت.

نتایج

نتایج شاخص‌های رشد و تغذیه پس از پایان ۶۰ روز غذایی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه نتایج شاخص‌های رشد نشان داد اضافه نمودن بتائین در سطوح صفر تا ۲ درصد در جیره غذایی بچه ماهی ازون برون در شاخص‌های میزان افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، فاکتور وضعیت و ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$).

نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیب شیمیایی بدن ماهی ازون برون در جدول ۳ آورده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن سطوح مختلف جاذب بتائین به جیره ماهی ازون برون تاثیر معنی‌داری بر ترکیبات بدن ماهی ازون برون داشته است ($p < 0.05$). پروتئین بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری را نشان داد. چربی بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. میزان رطوبت بدن تیمار تغذیه شده با غذای ۲٪ بتائین و تیمار تغذیه شده با غذای ۱٪ بتائین، نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. میزان خاکستر بدن در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

و ۱ میلی‌متر مورد زیست سنجی قرار گرفت. شاخص‌های رشد شامل میزان افزایش وزن (WG^1)، نرخ رشد ویژه (SGR^2)، فاکتور وضعیت (CF^3)، ضریب تبدیل غذایی (FCR^4) و درصد بقا (SR^5) محاسبه و بررسی شد (Otubusin et al. 2009):

$$WG (g) = W_f - W_i$$

وزن اولیه (گرم) W_i ; وزن نهایی (گرم) W_f

$$SGR (\%/day) = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$$

لگاریتم طبیعی متوسط وزن اولیه و نهایی (گرم) $\ln W_f$ و

$\ln W_i$, مدت زمان پرورش (روز) t :

$$CF = 100 \times (BW / TL^3); TL$$

طول کل سانتی TL ; وزن بدن (گرم) BW ; متر

$$FCR = F / (W_f - W_i)$$

غذای مصرفی (گرم) F ; میانگین بیوماس اولیه و نهایی

W_i و W_f : (گرم)

$$SR = 100 \times (S - D) / S$$

تعداد نمونه‌های مورد S ; تعداد تلفات D ; آزمایش

آنالیز ترکیب شیمیایی بدن

پس از ۱۲ ساعت قطع غذایی در پایان دوره پرورش از هر تکرار ۲ قطعه بچه ماهی به طور تصادفی برداشته شد و مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر به روش AOAC (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. میزان رطوبت طی عملیات خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در آون، میزان خاکستر با سوزاندن مقدار مشخصی از لاشه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۸ ساعت در کوره سوزان، میزان چربی خام پس از استخراج به وسیله اتر با استفاده از روش سوکسله و میزان پروتئین خام با استفاده از محاسبه نیتروژن ($N \times 6.25$) و با روش‌های کلدال محاسبه شد (Tibbetts et al. 2006).

1. Weight Gain
2. Specific Growth Rate
3. Condition Factor
4. Feed Conversion Ratio
5. Survival Rate

جدول ۲ مقایسه شاخص های رشد بچه ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*) تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین در طی ۶۰ روز پرورش (میانگین \pm انحراف معیار، n=۳).

شاهد	۰/۵٪ بتائین	۱٪ بتائین	۲٪ بتائین
وزن اولیه (گرم)	۳۱/۶۲ \pm ۰/۶۴	۳۰/۵۱ \pm ۱/۰۶	۳۱/۸۶ \pm ۰/۹۷
وزن نهایی (گرم)	۱۱۴/۶۴ \pm ۶/۲۲	۱۰۸/۴۶ \pm ۶/۵۷	۱۱۵/۰۶ \pm ۳/۷۳
افزایش وزن (گرم)	۸۳/۰۲ \pm ۱۰/۲۰	۷۷/۹۵ \pm ۸/۲۹	۸۳/۰۲ \pm ۹/۵۸
طول اولیه (سانتی متر)	۲۴/۷۹ \pm ۰/۲۴	۲۴/۷۲ \pm ۰/۴۸	۲۴/۹۰ \pm ۰/۱۰
طول نهایی (سانتی متر)	۳۶/۶۵ \pm ۰/۷۳	۳۶/۱۲ \pm ۰/۶۰	۳۶/۶۳ \pm ۰/۳۵
نرخ رشد ویژه	۲/۲۹ \pm ۰/۱۲	۲/۲۶ \pm ۰/۰۵	۲/۲۹ \pm ۰/۰۱
فاکتور وضعیت	۰/۲۳ \pm ۰/۰۰۵	۰/۲۳ \pm ۰/۰۰۵	۰/۲۳ \pm ۰/۰۰۵
ضریب تبدیل غذایی	۱/۱۷ \pm ۰/۰۹	۱/۲۵ \pm ۰/۰۹	۱/۱۷ \pm ۰/۰۴
بازماندگی (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

عدم وجود حروف در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها می باشد ($P > 0.05$).

جدول ۳ ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*) تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین در طی ۶۰ روز پرورش (میانگین \pm انحراف معیار، n=۳).

شاهد	۰/۵٪ بتائین	۱٪ بتائین	۲٪ بتائین
پروتئین خام (درصد)	۱۵/۰۲ \pm ۱/۶۱ ^b	۱۵/۷۳ \pm ۰/۴۵ ^{ab}	۱۷/۵۰ \pm ۱/۳ ^a
چربی خام (درصد)	۱۱/۹۴ \pm ۰/۴۸ ^a	۱۱/۶۳ \pm ۰/۵۵ ^{ab}	۱۰/۷۵ \pm ۰/۵۶ ^b
رطوبت (درصد)	۷۱/۶۵ \pm ۱/۷۷ ^a	۶۹/۷۵ \pm ۱/۲۳ ^{ab}	۶۸/۱۸ \pm ۱/۵۸ ^b
خاکستر (درصد)	۲/۴۱ \pm ۰/۱۳	۲/۷۳ \pm ۰/۲۶	۲/۶۴ \pm ۰/۰۸

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

بحث

سطوح مختلف، اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد (جباری و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه‌ای بر روی میگوی پاسبید (*Litopenaeus vannamei*) مشاهده شد افزودن بتائین در سطوح مختلف، تاثیری در شاخص‌های رشد در مقایسه با تیمار شاهد نداشت (Saoud and Davis, 2005). گائینی و همکارانش در سال ۱۳۸۴ بیان کردند افزودن ۱/۵ درصد بتائین به جیره غذایی خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) باعث افزایش ضریب رشد ویژه و بازماندگی به صورت معنی‌داری نمی‌شود. در مطالعه‌ای بر روی ماهی‌های جوان باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) مشاهده شد افزودن بتائین، نقش چندانی در تحریک اشتها و رشد این ماهی‌ها ندارد (Kubitza et al. 1997).

در بررسی حاضر، روند رشد در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. نتایج مطالعه‌ای بر روی لارو ماهی سوف معمولی نشان داد افزودن سطوح مختلف مکمل بتائین به غذای آغازین ماهی قزل آلائی رنگین کمان تاثیری در شاخص‌های رشد لارو ماهی سوف معمولی ندارد (عظیمی راد و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه‌ای بر روی لارو گربه ماهی آفریقایی (*Clarias batrachus*) مشاهده شد که افزودن مکمل بتائین و دی آلانین به غذای آغازین ماهی قزل آلائی رنگین کمان در انتهای روز نهم پس از تفریح، تاثیری در شاخص‌های رشد در مقایسه با دیگر گروه‌ها نداشت (Yilmaz, 2005). مطالعه انجام شده بر روی بچه ماهی سفید (*Rutilus kutum*) نشان داد با افزودن بتائین در

طول دوره پرورش از مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این که در طول دوره میزان افزایش وزن بدن رشد صعودی داشته، شاید اگر طول دوره آزمایش بیشتر می شد اختلاف معنی داری مشاهده می گردید.

ممکن است بر اساس نوع ماهی نیاز به جاذب های متفاوتی باشد. به طور مثال Carr و Chaney در سال ۱۹۷۶ بیان کردند که ماهی *Lagodon rhomboids* به گلايسين به عنوان یک محرک غذایی پاسخ مثبت می دهد اما Adron و Mackie در سال ۱۹۷۸ عنوان نمودند که در قزل آلا پاسخ مثبتی به گلايسين مشاهده نشده است. شاید بهتر است بتائین را در ترکیب با جاذب های دیگر به جیره اضافه نمود تا اثر مثبتی بر رشد آبزبان داشته باشد. به طور مثال در مطالعه ای بر روی میگوی مونودون (*Penaeus monodon*) مشاهده شد ترکیبی از آدنوزین-۵-مونوفسفات و بتائین موثرتر از هر یک از این ترکیبات، باعث افزایش تغذیه می شود (Coman et al. 1996).

شاید می بایست سطوح پایین تر بتائین نیز آزمایش شود. Normandes و همکارانش در سال ۲۰۰۶ بیان کردند که بتائین در سطحی بالاتر از مقدار موثر، باعث بدمزه شدن غذا شود.

در نتیجه گیری کلی می توان گفت عدم اختلاف معنی دار در شاخص های رشد را بتوان به کوتاهی دوره پرورش، تفاوت در گونه، اندازه، سن، شرایط محیطی و بهداشتی، نوع جیره، سطوح مختلف بتائین و قابلیت دسترسی اسید آمینه مورد نظر برای گونه منتخب نسبت داد.

به طور کلی ترکیبات بدن تحت تاثیر عوامل مختلف فیزیولوژیک و عوامل زنده و غیر زنده قرار دارد. عوامل مختلفی مانند گونه ماهی، دمای آب، وزن به دست آمده، غذایی و فرمولاسیون جیره ترکیبات بدن را تحت تاثیر و تغییر قرار می دهد (Zeitler et al. 1984). حتی در بین افراد یک گونه ماهی در شرایط یکسان نیز تفاوتی در ترکیبات بدن مشاهده می گردد اما بی شک اختلاف اصلی در ترکیبات بدن ماهی را باید در ارتباط با غذای دریافتی یا تغذیه ماهی دانست (رضوی شیرازی، ۱۳۷۳).

نتایج ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهیان ازون برون نشان داد که افزودن بتائین اثر معنی داری بر افزایش میزان

نتایج برخی مطالعات با نتایج مطالعه حاضر در تناقض است. در بچه ماهی سوف معمولی افزودن سطوح مختلف بتائین بر روی شاخص های رشد اثر مثبت داشته است و جیره های غذایی حاوی ۲٪ بتائین میزان رشد بهتری را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶). Kasper و همکارانش در سال ۲۰۰۱ بیان کردند که بتائین به طور معنی داری باعث افزایش میزان مصرف غذا و افزایش وزن بدن در تیلاپپای جوان می شود. در مطالعه انجام شده بر روی بچه ماهی قزل آلا رنگین کمان، اضافه نمودن بتائین به خصوص در سطح ۴/۰٪ به طور معنی داری باعث بهبود شاخص های رشد گردید (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۰). مطالعه بر روی بچه ماهی کپور وحشی (*Cyprinus carpio*) نشان داد که ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین بخصوص در سطح ۵/۲٪ به طور معنی داری در مقایسه با تیمار شاهد از رشد بالاتری برخوردار بودند (صفی الحسینی و اکرمی، ۱۳۹۲). مطالعه بر روی فیل ماهی جوان نشان داد که استفاده از بتائین در سطح ۵/۰ درصد باعث افزایش وزن، نسبت بازده پروتئین، میزان بهره برداری از پروتئین خالص و کاهش ضریب تبدیل غذایی می شود (سوداگر و همکاران، ۱۳۸۴). در میگوی آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) افزودن بتائین در سطح ۵/۰ درصد به طور معنی داری باعث افزایش رشد، کاهش ضریب تبدیل غذایی، افزایش رشد روزانه و میزان گرفتن غذا می شود (Harpaz and Steiner, 1990). به دلایل زیادی ممکن است بتائین اثر مثبتی بر رشد آبزبان نداشته باشد.

شاید دلیل این که با افزودن سطوح مختلف بتائین اختلاف معنی داری در شاخص های رشد مشاهده نشد، این است که پروتئین پایه در این تحقیق گیاهی نبود. Tiril و همکارانش در سال ۲۰۰۸ بیان کردند که افزودن ۱/۵ درصد بتائین به جیره غذایی قزل آلا با پروتئین پایه گیاهی باعث بهبود نرخ رشد مساوی با زمانی می گردد که قزل آلا با جیره ای که پروتئین پایه آن پودر ماهی است تغذیه می شود. همچنین در مطالعه Soares و Papatryphon در سال ۲۰۰۰ مشاهده شد افزودن جاذب به جیره با پروتئین پایه گیاهی، باعث بهبود طعم غذا می شود.

واکنش‌های انتقال‌دهندگی متیل دخالت می‌کنند (Harper et al. 1979). از میان مواد جاذب فقط بتائین می‌تواند به طور مستقیم به عنوان دهنده گروه متیل در کبد دخالت داشته باشد (Mudd et al. 1980) و این ترکیبات دهنده گروه متیل در رفع عارضه کبد چرب نقش ویژه ای دارند، به طوری که این ترکیبات با دادن گروه متیل خود باعث تحریک انتقال کلاسترول و لیوپروتئین‌ها از کبد به خون می‌شوند و یافته‌های علمی نشان داده که مهمترین مرحله در متابولیسم چربی‌ها، مرحله متیلاسیون است و بتائین به عنوان مهمترین متیل‌دهنده نقش موثری را در این رابطه ایفا می‌کند (Eklund et al. 2005).

بتائین دارای سه گروه متیل است. اولین گروه متیل در ترکیب با هموسیستئین، تبدیل به متیونین می‌شود. دومین گروه متیل به صورت غیرمستقیم باعث تبدیل هموسیستئین به متیونین می‌گردد. سومین گروه متیل به جای متیونین وظیفه متیل‌دهندگی را در بدن انجام داده و سبب می‌شود که اسیدآمینه با ارزشی مثل متیونین به عنوان متیل‌دهنده عمل نکرده و به صورت مستقیم وارد چرخه سنتز پروتئین شود. پس بتائین از طرفی باعث تبدیل هرچه بیشتر هموسیستئین به متیونین شده و از طرف دیگر سبب می‌شود که تمام ظرفیت متیونین وارد مسیر سنتز پروتئین گردد و به این ترتیب میزان پروتئین لاشه زیاد شود. بتائین در انتها تبدیل به گلايسين می‌شود که یک اسیدآمینه مهم در سنتز پروتئین و رشد عضلات می‌باشد (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بتائین در جیره غذایی بچه ماهی ازون‌برون تاثیری بر عملکرد رشد نداشته، اما باعث افزایش پروتئین لاشه و کاهش چربی و رطوبت لاشه شده است. بنابراین، با توجه به اهمیت اقتصادی ماهی ازون‌برون و تاثیر مثبت بتائین بر ترکیب شیمیایی لاشه، استفاده از این جاذب در جیره غذایی ماهی ازون‌برون توصیه می‌گردد.

منابع

اسدی، م.، آذری تاکامی، ق.، سجادی، م.م.، معزی، م.م.، نیرومند، م. ۱۳۸۹. اثر روتیفر غنی شده با بتائین و

پروتئین، کاهش چربی لاشه و کاهش رطوبت لاشه دارد. در مطالعه‌ای بر روی لارو گربه ماهی آفریقایی مشاهده شد تحت تاثیر جاذب‌های غذایی بتائین و دی آلانین میزان پروتئین بدن افزایش معنی‌دار و میزان چربی بدن کاهش معنی‌داری را نشان داد (Yilmaz and Ablak, 2003). تاثیر افزایشی بتائین بر افزایش پروتئین در ماهیان دیگر نظیر تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*) (Genc et al. 2006) و قزل آلی رنگین کمان (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. تاثیر بتائین بر افزایش پروتئین و کاهش چربی بدن در ماهیان دیگر نظیر قزل آلی رنگین کمان (Tiril et al. 2008) و فیل ماهی (سوداگر و همکاران، ۱۳۸۴) نیز گزارش شده است. مطالعه‌ای بر روی آزادماهیان انگشت قد نشان داد که افزودن سطوح مختلف جاذب بتائین اثر مثبتی بر روی شاخص‌های رشد داشته است و جیره‌های غذایی حاوی ۱/۵ تا ۲ درصد بتائین میزان رشد بهتری را در مقایسه با گروه شاهد داشتند (Polat and Beklevik, 1999). در مطالعه اثر بتائین و کولین در جیره ماهی تیلاپیای نیل گزارش شده است که اضافه کردن ۰/۵ درصد بتائین و ۰/۳ درصد کولین به جیره باعث افزایش مصرف غذا، بهبود ضریب تبدیل غذایی، افزایش ضریب کارایی تغذیه، رشد بیشتر و نرخ کارایی پروتئین بالاتر گردیده است (El-husseiny et al. 2008). البته گزارشات متناقض نیز وجود دارد. در مطالعه‌ای بر روی قزل آلی رنگین کمان تحت تاثیر بتائین، میزان چربی بدن ثابت مانده (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۰) و یا حتی در ماهی تیلاپیای آبی میزان چربی لاشه افزایش یافته است (Genc et al. 2006).

افزایش پروتئین و کاهش چربی بدن را می‌توان به تاثیر بتائین در تولید موادی نظیر متیونین، کراتین و کارنیتین نسبت داد که نقش مهمی را در پروتئین‌سازی، متابولیسم انرژی، چربی سوزی و ممانعت از کبد چرب دارد (El-Husseiny et al. 2008). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که متابولیسم بتائین به طور خیلی نزدیکی با متابولیسم کولین و متیونین مرتبط است. هر سه ماده به عنوان عوامل چربی سوز محسوب می‌شوند و موادی هستند که در موجودات از شکل‌گیری کبد چرب جلوگیری می‌کنند و در

بتائین جیره غذایی در شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*)، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران ۶۶: ۳۴۲-۳۵۳.

فتاحی، س.، حسینی، س.ع.، سوداگر، م.، مازندرانی، م.، خانی، ف. ۱۳۹۴. فاکتورهای تغذیه‌ای، 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: ۶۵-۷۷.

فلاح‌تکار، ب.، دفاعی، س.، عفت‌پناه، ا. ۱۳۹۵. تأثیر دایجستروم PEP بر رشد و برخی شاخص‌های خونی در بچه فیل‌ماهی (*Huso huso*). فصلنامه علوم و فنون شیلات ۵: ۹۵-۸۳.

کیوان، ا. ۱۳۸۲. ماهیان خاویاری ایران. انتشارات نقش مهر، ۴۰۰ ص.

گائینی، ج. ۱۳۸۴. بررسی فاکتورهای رشد و بازماندگی بر اثر افزودن بتائین در جیره غذایی خرچنگ دراز آب شیرین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

گروه علمی و تحقیقی بیوشمی. ۱۳۸۲. بتافین. شرکت بیوشم. تهران ۸۳ ص.

محسنی، م. ۱۳۹۶. کاربرد بتائین در افزایش رشد و بهبود سیستم ایمنی در تغذیه بچه فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*). فصلنامه علوم آبی‌پروری پیشرفته ۱: ۱-۱۲.

نیرومند، م.، سجادی، م.م.، یحیوی، م.، اسدی، م. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف بتائین جیره بر فاکتورهای رشد، بازماندگی، ترکیب شیمیایی بدن و مقاومت بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در تحت تنش‌های محیطی. مجله علمی شیلات ایران ۲۰: ۱۴۶-۱۳۵.

غذای کنسانتره حاوی بتائین روی رشد، بازماندگی و مقاومت به استرس در لاروهای میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*). مجله علمی شیلات ایران ۱۹: ۱۰-۱.

افشار مازندرانی، ن. ۱۳۸۱. راهنمای علمی تغذیه و نهاده‌های غذایی و دارویی آبزیان در ایران. انتشارات نوربخش ۲۹۶ ص.

اکبری، م.، سوری نژاد، ا.، قزایی، ا.، جوهری، س.ع.، عفت‌پناه، ا. ۱۳۹۶. شاخص‌های رشد و ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) تحت تاثیر جاذب غذایی بتائین در جیره. مجله زیست‌شناسی جانوری تجربی ۵: ۷۹-۸۸.

جباری، ا.، اکرمی، ر.، چیت‌ساز، 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: ۸۳-۹۲.

رضوی شیرازی، ح. ۱۳۷۳. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی. انتشارات نقش مهر ۲۹۲ ص.

سوداگر، م.، آذری تاکامی، ق.، پانوماریف، س.آ.، محمودزاده، ه.، عابدیان، ع.، حسینی، س.ع. ۱۳۸۴. بررسی اثرات سطوح مختلف بتائین و متیونین به عنوان جاذب بر شاخص‌های رشد و بازماندگی فیل ماهیان جوان (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران ۱۴: ۴۱-۵۰.

صفی‌الحسینی، س.ا.، اکرمی، ر. ۱۳۹۲. اثر بتائین به عنوان جاذب غذا بر شاخص رشد، بقا و مقاومت در برابر برخی از عوامل محیطی (دما و شوری) در بچه ماهی کپور وحشی (*Cyprinus carpio*). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی ۱: ۲۴-۱۵.

عظیمی راد، م.، فرهنگ، م.، مجازی امیری، ب.، عفت‌پناه، ا.، منصور طائی، ح. ۱۳۹۲. تاثیر سطوح مختلف مکمل Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA, 1141 p.

Carr, W.E.S., Chaney, T.B. 1976. Chemical stimulation of feeding behavior in the pinfish, *Lagodon rhomboids*: characterization and identification of stimulatory substances extracted from

Adron, J.W., Mackie, A.M. 1978. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. Journal of Fish Biology 12: 303-310.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1998. Official Methods of

- shrimp. *Comparative Biochemistry and Physiology* 54A: 437-441.
- Chebanov, M.S., Billard, R. 2001. The culture of sturgeon in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. *Aquatic Living Resources* 14: 375-381.
- Clarck, W.C., Virtanen, E., Blackburn, J., Higgs, D.A. 1994. Effects of dietary betaine/amino acid additive on growth and seawater adaptability in yearling Chinook salmon. *Aquaculture* 121: 137-145.
- Coman, G.J., Sarac, H.Z., Fielder, D., Thorne, M. 1996. Evaluation of crystalline amino acids, betaine and AMP as food attractants of the giant tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 113A: 247-253.
- de Zwart, F.J., Slow, S., Payne, R.J., Lever, M., George, P.M., Gerrard, J.A., Chambers, S.T. 2003. Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. *Food Chemistry* 83: 197-204.
- Ekland, M., Bauer, E., Wamatu, J., Mosenthin, R. 2005. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition Research Reviews* 18: 31-48.
- El-Husseiny, O.M., El-Din, G., Abdul-Aziz, M., Mabroke, R.S. 2008. Effect of mixed protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research* 39: 291-300.
- Fast, A.W., Lester, L.J. 1992. *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier Science, 862 p.
- Genc, M.A., Tekelioglu, N., Yilmaz, E., Hunt, A.O., Yanar, Y. 2006. Effect of dietary betaine on growth performance and body composition of *Oreochromis aureus* reared in fresh and sea water: a comparative study. *Journal of Animal Veterinary Advances* 12: 1185-1188.
- Hankey, G.J., Eikelboom, J.W. 1999. Homocysteine and vascular disease. *The Lancet* 354: 407-413.
- Harpaz, S., Steiner, J.E. 1990. Analysis of betaine-induced feeding behaviour in the prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Crustacean* 58: 175-185.
- Harpaz, S.H. 1996. Enhancement of growth in juvenile freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) through the use of a chemoattractant. *Aquaculture* 156: 225-231.
- Harper, H.A., Rodwell, V.W., Mayes, P.A. 1979. *Review of Physiological Chemistry*. 17th ed. Lange Medical Publications. Los Altos, CA, USA, 702 p.
- Hughes, S.G. 1990. Aqueous amino acid solutions can alter the feeding of glass eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture Fish Management* 22: 47-56.
- IUCN. 2012. *The 2012 Red List of Threatened Animals*. IUCN, Gland, Switzerland. 369 p.
- Kasumyan, A.O., Døving, K.B. 2003. Taste preference in fish. *Fish and Fisheries* 4: 289-347.
- Kasumyan, A.O., Sidorov, S.S. 2005. Taste preferences in fish with chronic anosmia. *Journal of Ichthyology* 45: 526-534.
- Kubitza F., Lovshin, L.L. 1997. Pond production of pellet-fed advanced juvenile and food-size largemouth bass. *Aquaculture* 149: 253-262.
- Mohseni, M., Sajjadi, M., Pourkazemi, M. 2007. Growth performance and body composition of sub yearling Persian sturgeon, (*Acipenser persicus*, Borodin, 1987), fed different dietary protein and lipid levels. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 204-208.
- Mudd, S.H., Ebert, M.H., Scriver, C.R. 1980. Labile methyl group balances in the human: the role of sarcosine. *Metabolism* 29: 707-720.
- Normandes, E.B., Barreto, R.E., Carvatho, R.F., Delicio, H.C. 2006. Effects of

- betaine on the growth of the fish Piaucu, *Leporinus macrocephalus*. Brazilian Archives of Biology Tecnology 49: 757-762.
- Otubusin, S.O., Ogunleye, F.O., Agbebi, O.T. 2009. Feeding Trials using local protein sources replace fishmeal in pelleted feeds in Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) culture. European Journal of Scientific Research 31: 142-147.
- Papatryphon, E., Soares, Jr.J.H. 2000. Identification of feeding stimulants for striped bass, *Morone saxatilis*. Aquaculture 185: 339-352.
- Polat, A., Beklevik, G. 1999. The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region: Recent Advances in Research and Technology Zaragoza, CIHEAM, IAMZ, Spain, 217-220.
- Rumsay, G.L. 1991. Choline-betaine requirements of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 95: 107-116.
- Saoud, L.P., Davis, D.A. 2005. Effects of betaine supplementation to feeds of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared at extreme salinities. North American Journal of Aquaculture 67: 351-353.
- Tibbetts, S.M., Milley, J.E., Lall, S.P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Aquaculture 261: 1314-1327.
- Tiril, S.U., Alagil, F., Yagci, F.B., Aral, O. 2008. Effects of betaine supplementation in plant protein based diets on feed intake and growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Israeli Journal of Aquaculture 60: 57-64.
- Yilmaz, E. 2005. The effects of two chemo-attractants and different first feeds on the growth performances of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) at different larval stages. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 29: 309-314.
- Yilmaz, M., Ablak, O. 2000. The feeding behavior of pike perch (*Sander lucioperca*) living in Hirfanli dam lake. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27: 1159-1165.
- Zeitler, M.H., Kirchgessner, M., Schwarz, F.J. 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L). Aquaculture 36: 37-48.

Effect of different levels of dietary betaine on growth performance and carcass chemical composition of Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) fingerling

Maryam Norouzizadeh¹, Hamid Allaf Noveirian^{1*}, Ali Hosseinpour², Mir Masoud Sajjadi¹

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

2- International Sturgeon Research Institute of the Caspian Sea, Rasht, Guilan, Iran

Received 1 March 2019; accepted 20 August 2019

Abstract

This study was designed to investigate the effects of different levels of betaine including zero (control), 0.5, 1 and 2% on growth performance and carcass chemical composition of Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) fingerlings. Experiment was performed with 4 treatments with 3 replications. One hundred and eighty Stellate sturgeon fingerlings with an average weight of 32 ± 4 g (\pm standard deviation) were randomly fed in 12 fiberglass tanks (500 L capacity) for 60 days. Fish were hand-fed based on appetite 3 times per day. Diets were used in this experiment contained different levels of betaine concentration 0 (control), 0.5, 1 and 2%. The results showed that there was no significant difference between different treatments on weight gain, specific growth rate, condition factor and feed conversion ratio ($p > 0.05$), but different levels of betaine resulted significant difference on body compositions ($p < 0.05$). The body protein in 2% betaine showed significant increase in comparison with control. The body lipid in 2% betaine showed significant decrease in comparison with control and treatment that was fed with 0.5% betaine. The body moisture in 2% betaine and treatment that was fed with 1% betaine showed decrease in comparison with control treatment. There was no significant difference in body ash in different treatments. The present study reveals that the use of betaine, although not having a significant positive effect on growth performance, but would improve the carcass chemical composition in the Stellate sturgeon.

Keywords: Attractants, Growth, Chemical composition, Sturgeon

Corresponding author: naviamid.n@gmail.com