نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲
۳۴۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۱

تأثیر سطوح مختلف مکمل بتائین جیرهٔ غذایی در شاخص‌های رشد، کارآیی تغذیه و میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785)

❖ **محمود عظیمی راد :** کارشناس ارشد شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **مهرداد فرهنگی*:** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **باقر مجازی امیری:** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **ایرج عفت‌پناه:** رئیس مرکز تکثیر، پرورش و بازسازی ذخایر آبزیان شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل، رشت، ایران
❖ **حدیث منصوری طائی:** کارشناس ارشد شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

این مطالعه برای بررسی تأثیرات سطوح مختلف مکمل بتائین در شاخص‌های رشد، کارآیی تغذیه و میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی انجام گرفت. از روز دوازدهم پس از تفریخ (وزن اولیه ۰/۰۶±۱/۵۲ میلی‌گرم) لاروها به یکی از ۶ جیرهٔ فرموله‌شدهٔ غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Bio Optimal)، غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به همراه مکمل بتائین (Bio Optimal + Betaine) در ۵ سطح ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد تغییر عادت غذایی یافتند و ۱ تیمار تا انتهای آزمایش غذای زنده (ناپلی آرتمیا) دریافت کرد. آزمایش ۴ هفته (تا ۴۰ روز پس از تفریخ) به طول انجامید. لاروهای تغذیه‌شده با غذای زنده وضعیت بهتری از نظر میانگین وزن نهایی، افزایش وزن، میانگین رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، طول نهایی لارو و شاخص وضعیت نسبت به دیگر تیمارها داشتند (P<۰/۰۵). افزودن سطوح مختلف مکمل بتائین به غذای آغازین قزل‌آلای رنگین‌کمان اثر معنی‌داری در شاخص‌های رشد لارو ماهی سوف معمولی نداشت (P>۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی در بین تیمارهای مختلف تفاوتی نداشت (P>۰/۰۵) و فقط در مورد ضریب کارآیی تغذیه تیمار غذای زنده وضعیت بهتری را نشان داد (P<۰/۰۵). بیشترین میزان بقا و هم‌نوع‌خواری در لاروهای تغذیه‌شده با غذای زنده بود؛ در حالی که، لاروهای تغذیه‌شده با جیره‌های فرموله‌شده (بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین) تا روز ۳۳ پس از تفریخ زنده ماندند. بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که عادت‌دهی لارو ماهی سوف معمولی به غذاهای مصنوعی نیازمند مطالعات بیشتری است و استفاده از مکمل بتائین در جیرهٔ لارو باید در دورهٔ زمانی مناسب‌تری از لحاظ تکامل فیزیولوژیکی لارو صورت بگیرد.

واژگان کلیدی: مکمل بتائین، سوف معمولی، رشد، کارآیی تغذیه، بقا، هم‌نوع‌خواری.

* نویسندهٔ مسئول
E-mail: medfarhangi@ ut.ac.ir

۱. مقدمه

خانوادهٔ سوف‌ماهیان بزرگ‌ترین خانواده از راستهٔ سوف‌ماهی شکلان و زیرراستهٔ پرکویدئی‌اند (Nelson, 2006). در میان اعضای این خانواده، ۴ گونه برای آبزی‌پروری مناسب تشخیص داده شده‌اند. ماهی سوف معمولی (*Sander luciopreca*) بیشترین میزان رشد را در خانوادهٔ سوف‌ماهیان و در بین ماهیان آب شیرین مناطق معتدله دارد (Hilge and Steffens, 1996; Kottelat, 1997). این گونه به آب‌های داخلی چندین کشور اروپایی مانند هلند، ترکیه، فرانسه، ایتالیا، اسپانیا، سوئد و فنلاند (Larsen and Berg, 2008) و بخش‌هایی از افریقای شمالی (تونس، مصر و ...) معرفی شده است (Hamza *et al.*, 2007). ماهی سوف معمولی در آب‌های شیرین و لب شور حوضهٔ دریای خزر (رودخانه‌های اورال، ولگا، کورا و سفیدرود) و نیز در دریای سیاه، آزوف، آرال و بالتیک زندگی می‌کند (Craig, 2000).

پرورش سوف معمولی چندین دهه است که در تعدادی از کشورهای اروپایی (آلمان، لهستان، هلند، مجارستان و ...) انجام می‌گیرد (Kestemont *et al.*, 2007)، اما علاقه به پرورش این ماهی در چند سال اخیر افزایش درخور توجهی داشته است. علل علاقه‌مندی بالا برای پرورش این گونه عبارت‌اند از: بازارپسندی بالا، رشد سریع و گوشت باکیفیت (Jankowska *et al.*, 2003).

استفاده از غذاهای مصنوعی در پرورش لارو ماهی سوف به حدود یک دهه قبل برمی‌گردد و بر همین اساس مطالعات در این باره در سطح جهان بسیار محدود است. در حال حاضر، از جیرهٔ پایهٔ آزادماهیان و دیگر ماهیان آب شیرین برای تغذیهٔ لارو ماهی سوف استفاده می‌شود. مصرف این نوع غذاها (برای مثال غذای آغازین قزل‌آلای رنگین‌کمان) معمولاً با رشد و بازماندگی بسیار متغیری همراه بوده است (Kestemont and Melard, 2000). مشخص شده است که حس‌های بینایی و شیمیایی (حس بویایی) نقش کلیدی در تغییر عادت غذایی لارو ماهی سوف معمولی به غذاهای خارجی بازی می‌کنند (Halver and Hardy, 2002). موفق‌نبودن در مصرف غذاهای مصنوعی شاید به سبب ناتوانی لارو در تشخیص ذرات غذایی و پیداکردن غذا باشد (Xu *et al.*, 2003).

یکی از راه‌حل‌های مقابله با این مشکل می‌تواند استفاده از جیره‌های مصنوعی حاوی مواد جاذب باشد. بتائین یا تری متیل گلایسین به‌منزلهٔ یکی از مهم‌ترین و باکیفیت‌ترین مواد جاذب می‌تواند برای لارو ماهی سوف در مرحلهٔ تغییر عادت غذایی از غذاهای زنده به غذاهای مصنوعی استفاده شود (Yilmaz, 2005). استفاده از مواد جاذب به صورت مکمل غذایی در جیرهٔ غذایی بسیاری از گونه‌های ماهی، برای مثال در دوران لاروی ماهی تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان و گربه‌ماهی راه‌روندهٔ افریقایی (*Clarias gariepinus*)، مطالعه شده است و نتایج بسیار مطلوبی در افزایش مصرف غذا، کاهش زمان باقی‌ماندن غذا در آب، کاهش ازهم‌گسیختگی مواد مغذی حل‌شدنی در آب و فراهم‌کردن مواد مغذی پروتئینی در جیرهٔ لارو و بچه‌ماهی (به خصوص در ماهیان گوشت‌خوار) در مرحلهٔ تغییر عادت غذایی به همراه داشته است (Kasumyan and Doving, 2003). هدف از این مطالعه پرورش موفقیت‌آمیز لارو ماهی سوف معمولی با استفاده از غذای مصنوعی متداول و باکیفیت (غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان) بوده است

تا لارو بتواند به طور موفقیت‌آمیزی تغییر عادت غذایی دهد بدون اینکه تأثیر معنی‌داری در شاخص‌های رشد و کارآیی تغذیه و میزان بقا در آن مشاهده شود. همچنین، تأثیر سطوح مختلف بتائین (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) در شاخص‌های فوق در لارو ماهی سوف مطالعه خواهد شد.

۲. مواد و روش‌ها

برای فراهم‌کردن مواد آزمایشی (لاروی ۱۲ روزهٔ ماهی سوف)، مولدان این ماهی در اواخر فصل زمستان از سد ارس صید و به مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر شادروان یوسف‌پور، واقع در سیاهکل استان گیلان، منتقل شدند. تکثیر مولدان به روش نیمه مصنوعی بدون تزریق هورمون انجام گرفت (Kucharczyk *et al.*, 2007). پس از تخم‌ریزی، لانه‌های حاوی تخم به استخرهای بتنی گرد با حجم ۱۰۰۰ لیتر منتقل شدند و در دمای ۷/۷ درجهٔ سانتی‌گراد تا زمان تفریخ نگهداری شدند. بعد از گذشت ۷ روز از قراردادن لانه‌ها در استخرها، لاروها از تخم‌ها خارج شدند. روز یازدهم پس از تفریخ حدود ۴۶۰۰۰ قطعه لارو با وزن اولیهٔ یکسان از استخرها صید و با روش حجمی شمارش شدند و به صورت کاملاً تصادفی به ۲۳ استخر بتونی گرد (با ابعاد ۰/۵×۱/۸×۱/۸ متر) با تراکم ۲۰۰۰ قطعه در هر استخر (۱۰ لارو در هر لیتر) منتقل شدند. از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۷ تیمار (۳ تکرار) و ۲ استخر بتونی به‌منزلهٔ مخزن استفاده به عمل آمد. استخرها به حجم ۲۰۰ لیتر آب‌گیری شدند و به صورت موازی در ۴ ردیف قرار داشتند. استخرها در فضای باز بودند و شدت جریان ورودی ۰/۵-۱ لیتر در دقیقه تنظیم شد (Hamza *et al.*, 2008). لاروها در معرض دورهٔ نوری ۱۲:۱۲ ساعت (تاریکی : روشنایی) قرار گرفتند و شدت روشنایی در بالای سطح آب ۱۲۰ لوکس بود.

منبع آب استخرها از رودخانهٔ موجود در کارگاه تأمین شد و برای جلوگیری از ورود موجودات ناخواسته به تیمارها از توری چشمه‌ریز (۵۵ میکرونی) در محل ورودی آب استفاده شد. دما و اکسیژن محلول آب روزانه ۲ بار با دستگاه اکسیژن‌متر و pH آب ۳ بار در هفته با pH متر ثبت می‌شد. استخرهای پرورشی روزانه ۲ مرتبه سرکشی می‌شدند و میزان مرگ و میر و هم‌نوع‌خواری کنترل می‌شد (Szkudlarek and Zakes, 2007).

از شروع تغذیهٔ خارجی (روز ششم پس از تفریخ)، روتیفرهای صیدشده از استخرهای خاکی و عبور داده‌شده از توری ۱۵۰ میکرون با تراکم ۵۰۰۰۰ عدد در لیتر به همراه ناپلی آرتمیا (Inve تایلند) با تراکم ۱۰۰ عدد در لیتر به لاروها داده شد. از روز ۷-۱۱ پس از تفریخ به‌تدریج از تراکم روتیفر در مخازن نگهداری لارو کاسته شد و تراکم ناپلی آرتمیا افزایش پیدا کرد. از روز دوازدهم پس از تفریخ (متوسط وزن اولیه ۰/۰۶ ± ۱/۵۲ میلی‌گرم) ناپلی آرتمیا (Inve تایلند) با اندازهٔ ۳۰۰-۳۵۰ میکرومتر به همراه سیست پوسته‌زدایی‌شده با اندازهٔ ۱۵۰-۲۰۰ میکرومتر و تراکم ۱۰۰۰-۱۵۰۰ عدد در لیتر در ساعات ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ تا روز شانزدهم پس از تفریخ به لاروها داده شد (Ostazewska *et al.*, 2005). در روز هفدهم پس از تفریخ، تغییر عادت غذایی لاروها کامل شد و هر تیمار یکی از ۶ نوع غذای مصنوعی را تا انتهای دورهٔ آزمایش دریافت کرد. تیمارهای غذایی عبارت بودند از: غذای زنده (تیمار ۱)، غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (تیمار ۲)، غذای آغازین ماهی

قزل‌آلای رنگین‌کمان به همراه مکمل بتائین (تیمارهای ۳-۷) در ۵ سطح ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد. مدت زمان آزمایش ۴ هفته (۴۰ dph[1]) به طول انجامید. برای تهیهٔ سطوح مختلف بتائین، مکمل بتافین (با خلوص ۹۶ درصد بتائین) در ۵۰ میلی‌لیتر آب جوشیدهٔ ولرم به مدت ۱۰ دقیقه حل شد و روی پلت‌ها اسپری شد (Yilmaz, 2005).

غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Bio Optimal) با قطر ۰/۲ میلی‌متر تا انتهای آزمایش توزیع شد. غذاهای مصنوعی و زنده به صورت دستی هر ۲ ساعت و ۴ ساعت یک بار (۸ صبح تا ۸ شب) به ترتیب توزیع شدند. میزان غذادهی جیره‌های مصنوعی در هفتهٔ اول ۱۰۰ درصد و تا انتهای دوره ۵۰ درصد زیتوده بود (Ostazewska *et al.*, 2005). تغییر در میزان غذادهی جیره‌های مصنوعی طی هفته با کاهش تدریجی روزانه ۷ درصد انجام گرفت. طی ۶ روز عادت‌دهی لاروها به غذاهای مصنوعی، درصد غذای زنده (ناپلی آرتمیا) کاهش و درصد غذاهای مصنوعی افزایش یافت. از روز ۲۴ پس از تفریخ با افزایش اندازهٔ دهان لاروهای تیمار غذای زنده، ناپلی آرتمیای ارومیانا طی دورهٔ انتقال ۳ روزه جانشین ناپلی آرتمیای Inve تایلند شد (Bodis *et al.*, 2007). در روز دوازدهم پس از تفریخ، وزن و طول کل اولیهٔ لاروها با نمونه‌گیری ۵۰ قطعه لارو از هر استخر محاسبه شد. شاخص‌های رشد (افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، شاخص وضعیت، ضریب تبدیل غذایی، ضریب کارآیی تغذیه، میزان بقا و هم‌نوع‌خواری) با نمونه‌گیری ۵۰ قطعه لارو در هر استخر در فواصل هفتگی (روزهای ۱۹، ۲۶، ۳۳ و ۴۰ پس از تفریخ) اندازه‌گیری شدند. در روز پایانی (روز ۴۰ پس از تفریخ) همهٔ لاروهای موجود در استخرها بیومتری شدند. دقت اندازه‌گیری وزن و طول به ترتیب ۰/۰۰۱ گرم و ۰/۰۱ میلی‌متر بود. در ۲ روز اول غذادهی مخلوط، ۱۰ قطعه لارو در هر استخر جمع‌آوری شدند تا وجود یا نبود غذای مصنوعی در دستگاه گوارش ارزیابی شود.

همهٔ اطلاعات جمع‌آوری‌شده از محل آزمایش و داده‌های آزمایشگاهی با استفاده از نرم‌افزار Excel پردازش شدند. مقادیر مربوط به میانگین رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، شاخص وضعیت، میزان بقا و هم‌نوع‌خواری به arcsin تبدیل شد. نخست، نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف بررسی شد و، پس از مشخص‌شدن نرمال‌بودن، با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعیین اختلاف میانگین چنددامنهٔ توکی در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ انجام شد. آنالیز آماری طرح با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری SPSS (ویرایش ۱۳) صورت گرفت. جداول و نمودارهای مورد نیاز نیز با نرم‌افزار Excel (ویرایش ۲۰۰۷) و SPSS ترسیم شد.

۳. نتایج

تأثیر سطوح مختلف مکمل بتائین در شاخص‌های رشد لارو ماهی سوف معمولی در تیمارهای مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین وزن اولیهٔ لارو ماهی سوف معمولی در شروع آزمایش (روز دوازدهم پس از تفریخ) در حدود ۱/۴۴-۱/۶۲ میلی‌گرم بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. لاروهای ماهی سوف معمولی تغذیه‌شده با غذای زنده در روز ۳۳ پس از تفریخ وزن بالاتری از تیمار بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین

[1] Days Past Hatch

نشان دادند (P<۰/۰۵). میانگین وزن لاروهای ماهی سوف معمولی در روز ۳۳ پس از تفریخ در دامنهٔ ۱۷/۵۵ ± ۴۶/۱۶ میلی‌گرم در تیمار غذای زنده و ۰/۴۶ ± ۲/۷۹ میلی‌گرم در لاروهای تغذیه‌شده با جیرهٔ بیواپتیمال + ۰/۵ درصد بتائین بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین وجود نداشت (P>۰/۰۵). میزان ضریب رشد ویژه در روز ۳۳ پس از تفریخ در لاروهای ماهی سوف معمولی در دامنهٔ ۲/۴۲ ± ۱۵/۶۵ درصد در روز در تیمار غذای زنده و ۰/۸۴ ± ۲/۵۴ درصد در روز در لاروهای تغذیه‌شده با جیرهٔ بیواپتیمال + ۰/۵ درصد بتائین بود. میانگین طول لاروهای ماهی سوف معمولی تغذیه‌شده با غذای زنده در روز ۳۳ پس از تفریخ بیشتر از دیگر تیمارها بود. برخلاف طول اولیه، اختلاف معنی‌داری بین شاخص وضعیت اولیهٔ لاروها در تیمارهای مختلف وجود نداشت (P>۰/۰۵). بررسی شاخص وضعیت نهایی لاروهای ماهی سوف معمولی در تیمارهای مختلف نشان داد که بالاترین میزان این شاخص‌ها متعلق به تیمار غذای زنده بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری با تیمارهای بیواپتیمال، بیواپتیمال + ۰/۵ درصد بتائین و بیواپتیمال + ۱/۵ درصد بتائین وجود داشت (P<۰/۰۵).

افزودن سطوح مختلف مکمل بتائین به غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیر معنی‌داری در شاخص‌های کارآیی تغذیهٔ لارو ماهی سوف معمولی در تیمارهای مختلف نداشت (P>۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی لاروهای ماهی سوف تغذیه‌شده با غذای زنده پایین‌تر از تیمار بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین بود، ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). ضریب کارآیی تغذیه در تیمار غذای زنده به طور معنی‌داری بالاتر از لاروهای تغذیه‌شده با بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین بود (P<۰/۰۵).

روند تغییرات ضریب رشد ویژه در تیمارهای مختلف طی دورهٔ آزمایش در نمودار ۱ ارائه شده است. در روز ۳۳ پس از تفریخ ضریب رشد ویژهٔ لاروهای ماهی سوف معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین بیشتر از هفته‌های قبل بود (P<۰/۰۵). ضریب رشد ویژهٔ تیمار غذای زنده در روز ۲۶ پس از تفریخ از دیگر تیمارها بیشتر شد و تا انتهای آزمایش این اختلاف معنی‌دار بود.

بیشترین میزان بقا (۱۷/۷۱ درصد) در روز ۳۳ پس از تفریخ در لاروهای تغذیه‌شده با غذای زنده مشاهده شد. در حالی که، میزان بقا در تیمارهای بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین پایین‌تر از ۱۰ درصد بود و اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). میزان هم‌نوع‌خواری در تیمار غذای زنده به طور معنی‌داری بالاتر از لاروهای تغذیه‌شده با جیره‌های بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین بود.

روند تغییرات میزان بقا نشان داد که بیشترین تلفات لاروهای ماهی سوف معمولی در فاصلهٔ زمانی ۱۲-۲۶ روز پس از تفریخ اتفاق افتاد. میزان تلفات در این دوره در دامنهٔ ۹۳/۴۴ درصد در تیمار بیواپتیمال و ۶۶/۶۸ درصد در تیمار غذای زنده اندازه‌گیری شد (نمودار ۲).

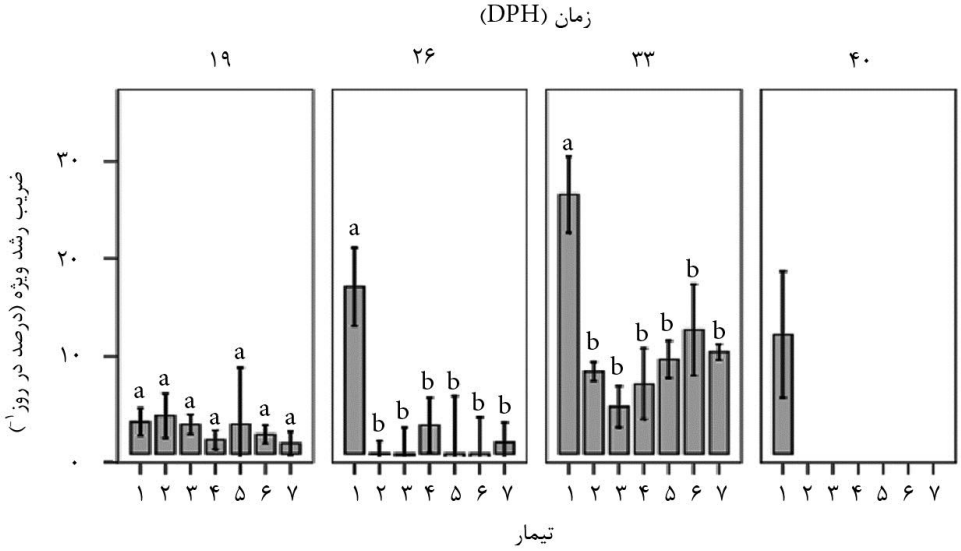
۴. بحث و نتیجه‌گیری

کاربرد مواد جاذب به صورت مکمل غذایی در جیرهٔ غذایی بسیاری از گونه‌های مختلف ماهی مطالعه شده

جدول ۱. داده‌های مربوط به اثر تیمارهای مختلف غذایی در شاخص‌های رشد (خطای معیار ± میانگین)

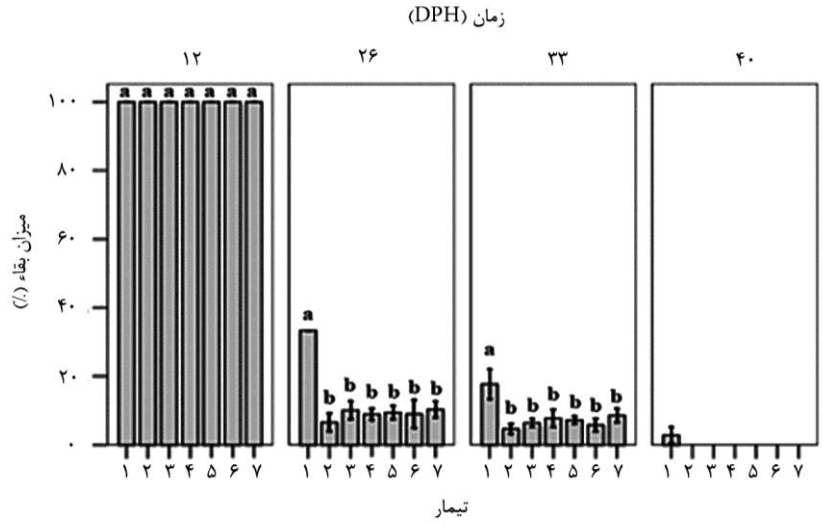
تیمار / شاخص	غذای زنده	بیواپتیمال	بیواپتیمال+۰/۵ درصد بتائین	بیواپتیمال+۱ درصد بتائین	بیواپتیمال+۱/۵ درصد بتائین	بیواپتیمال+۲ درصد بتائین	بیواپتیمال+۲/۵ درصد بتائین
وزن اولیه (میلی‌گرم)	۱/۴۹ ± ۰/۲۱a	۱/۵۲ ± ۰/۲۴a	۱/۶۲ ± ۰/۱۲a	۱/۴۸ ± ۰/۴۶a	۱/۴۴ ± ۰/۵۳a	۱/۶۰ ± ۰/۱۵a	۱/۵۲ ± ۰/۹۲a
وزن نهایی (میلی‌گرم)	۴۶/۱۶ ± ۱۷/۵۵a	۳/۵۶ ± ۰/۳۰b	۲/۷۹ ± ۰/۴۶b	۳/۳۶ ± ۰/۷۳b	۲/۰۸ ± ۰/۸۵b	۴/۲۴ ± ۱/۹۹b	۳/۷۳ ± ۰/۷۹b
افزایش وزن (میلی‌گرم)	۴۱/۳۴ ± ۲۱/۳۴a	۲/۰۴ ± ۰/۳۸b	۱/۱۷ ± ۰/۴۶b	۱/۸۸ ± ۰/۷۸b	۱/۸۷ ± ۰/۳۰b	۲/۶۴ ± ۲/۰۷b	۲/۲۱ ± ۰/۸۵b
میانگین رشد روزانه (٪)	۱۳۴/۶۸ ± ۷۶/۵۳a	۶/۶۳ ± ۲/۲۴b	۳/۴۴ ± ۱/۴۸b	۶/۱۲ ± ۲/۶۴b	۶/۱۹ ± ۰/۸۸b	۸/۰۹ ± ۶/۸۲b	۷/۰۱ ± ۳/۰۷b
ضریب رشد ویژه (٪در روز)	۱۵/۶۵ ± ۲/۴۲a	۴/۱۰ ± ۰/۹۰b	۲/۵۴ ± ۰/۸۴b	۳/۸۳ ± ۱/۲۳b	۳/۹۶ ± ۰/۳۷b	۴/۳۳ ± ۲/۳۲b	۴/۲۱ ± ۱/۱۷b
طول اولیه (میلی‌متر)	۶/۲۱ ± ۰/۳۳c	۶/۲۲ ± ۰/۴۴c	۶/۵۳ ± ۰/۲۸a	۶/۲۰ ± ۰/۳۸c	۶/۴۳ ± ۰/۲۳a	۶/۲۸ ± ۰/۵۰bc	۶/۴۱ ± ۰/۲۹ab
طول نهایی (میلی‌متر)	۱۵/۹۰ ± ۲/۳۰a	۸/۱۸ ± ۰/۶۰b	۷/۸۸ ± ۰/۵۸b	۷/۹۶ ± ۰/۷۳b	۷/۹۶ ± ۱/۰۶b	۸/۱۷ ± ۱/۱۳b	۷/۹۶ ± ۰/۸۳b
شاخص وضعیت اولیه	۰/۶۳ ± ۰/۱۶a	۰/۶۳ ± ۰/۱۰a	۰/۵۸ ± ۰/۰۳a	۰/۶۲ ± ۰/۰۵a	۰/۵۵ ± ۰/۰۲a	۰/۶۵ ± ۰/۰۹a	۰/۵۸ ± ۰/۰۴a
شاخص وضعیت نهایی	۱/۰۲ ± ۰/۲۶a	۰/۶۵ ± ۰/۰۳b	۰/۵۷ ± ۰/۴۹b	۰/۶۷ ± ۰/۱۴ab	۰/۶۴ ± ۰/۳۲b	۰/۷۴ ± ۰/۱۶ab	۰/۷۳ ± ۰/۸۱ab

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.



۱) غذای زنده؛ ۲) بیواپتیمال؛ ۳) ۰/۵٪ بتائین؛ ۴) ۱ ٪ بتائین؛ ۵) ۱.۵ ٪ بتائین؛ ۶) ۲ ٪ بتائین؛ ۷) ۲.۵ ٪ بتائین

نمودار ۱. مقایسهٔ ضریب رشد ویژه در تیمارهای مختلف طی دورهٔ آزمایش (خطای معیار ± میانگین)



۱) غذای زنده؛ ۲) بیواپتیمال؛ ۳) ۰/۵٪ بتائین؛ ۴) ۱ ٪ بتائین؛ ۵) ۱.۵ ٪ بتائین؛ ۶) ۲ ٪ بتائین؛ ۷) ۲.۵ ٪ بتائین

نمودار ۲. مقایسهٔ میزان بقا در تیمارهای مختلف طی دورهٔ آزمایش (خطای معیار ± میانگین)

است و نتایج بسیار مطلوبی را در افزایش مصرف غذا، کاهش زمان باقی‌ماندن غذا در آب، کاهش ازهم‌گسیختگی مواد مغذی حل‌شدنی در آب و فراهم‌کردن مواد مغذی پروتئینی در جیرهٔ لارو و بچه‌ماهی (به خصوص در ماهیان گوشت‌خوار) در مرحلهٔ تغییر عادت غذایی به همراه داشته است (Kasumyan and Doving, 2003). با وجود مطالعات انجام‌شده روی گونه‌های مختلف ماهی، تاکنون مطالعه‌ای در مورد استفاده از مواد جاذب در لارو و بچه‌ماهی سوف معمولی انجام نگرفته است. افزایش دانش در زمینهٔ استفاده از مواد جاذب در پرورش لارو ماهی سوف معمولی تحقیقات بیشتری را می‌طلبد.

نتایج این بررسی نشان داد افزودن سطوح مختلف مکمل بتائین به غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیری در شاخص‌های رشد لارو ماهی سوف معمولی ندارد. با اینکه تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های رشد لاروهای سوف تغذیه‌شده با بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین وجود نداشت، ولی بیشترین میزان رشد در تیمار غذای زنده مشاهده شد. بیشترین وزن نهایی (۱۷/۲۶ ± ۹۳/۹۴ میلی‌گرم)، میانگین رشد روزانه (۶۷/۱۵ ± ۲۲۸/۲۵ درصد)، ضریب رشد ویژه (۳/۸۰ ± ۱۶/۵۲ درصد در روز) و طول نهایی لارو (۱/۴۸ ± ۲۲/۸۱ میلی‌متر) در تیمار غذای زنده به ثبت رسید و اختلاف آن با دیگر تیمارها معنی‌دار بود؛ همچنین، نتایج مشابهی دربارهٔ شاخص وضعیت به دست آمد. در مطالعهٔ انجام‌گرفته دربارهٔ لاروی گربه‌ماهی افریقایی مشاهده شد که افزودن مکمل بتائین و DL آلانین به غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در انتهای روز نهم پس از تفریخ تأثیری در شاخص‌های رشد در مقایسه با دیگر گروه‌ها نداشت (Yilmaz, 2005). مطالعهٔ دیگری به بررسی مقایسه‌ای میزان رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سطوح مختلف مکمل بتائین در جیره نشان داد که افزودن بتائین به جیرهٔ غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیرات مثبتی در شاخص‌های رشد داشته است (Sadeghi, 2004). نتایج آزمایش برای بررسی تأثیرات سطوح مختلف بتائین و متیونین، به‌منزلهٔ جاذب، در شاخص‌های رشد و بازماندگی فیل‌ماهی جوان نشان داد که افزودن مواد جاذب در جیرهٔ غذایی سبب افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و شاخص وضعیت می‌شود (Sudagar *et al.*, 2005).

در برخی موارد، افزودن این مکمل به جیرهٔ غذایی اثری در شاخص‌های رشد نداشته یا تأثیر آن منفی بوده است. در مطالعه‌ای دربارهٔ افزودن مکمل بتائین به جیرهٔ غذایی ماهی تیلاپیای آبی در شرایط پرورشی آب شیرین و شور، وزن بچه‌ماهیان در انتهای دورهٔ پرورشی ۴۳ روزه پایین‌تر از دیگر تیمارها بود (Genc *et al.*, 2006). در مطالعه‌ای دربارهٔ لاروی میگوی سفید هندی مشاهده شد که با افزودن مکمل بتائین به میزان ۰/۸ درصد به غذای کنستانترهٔ میگو و غنی‌سازی روتیفر با بتائین، رشد و درصد بازماندگی بهتری نسبت به تیمار شاهد (فاقد مکمل بتائین) حاصل شد (Asadi *et al.*, 2010).

بر اساس نتایج مطالعات ارائه‌شده می‌توان گفت که اولاً مکمل غذایی بتائین در مرحلهٔ بچه‌ماهی تأثیر مشخص‌تری دارد و در مرحلهٔ لارو، با توجه به زمان تغییر عادت غذایی به جیره‌های حاوی این مواد، ممکن است تأثیری نداشته باشد و این به علت توسعه‌نیافتن گیرنده‌های شیمیایی در لارو برای شناسایی مواد جاذب است (Kasumyan and

Doving, 2003). ثانیاً، تأثیر مکمل بتائین در گونه‌های مختلف ماهی ممکن است متفاوت باشد (El-Husseiny *et al.*, 2008). با توجه به اطلاعات ناقصی که در مورد توسعهٔ گیرنده‌های شیمیایی لارو ماهی سوف معمولی وجود دارد (Ostazewska, 2005)، زمان به‌کارگیری مواد جاذب (مکمل بتائین) در این گونه به طور کامل مشخص نیست و استفادهٔ زودهنگام از این مواد ممکن است بدون تأثیر باشد.

بررسی شاخص‌های کارآیی تغذیه نشان داد که افزودن سطوح مختلف مکمل بتائین به جیرهٔ غذایی لارو ماهی سوف معمولی تفاوت معنی‌داری در مصرف غذا ایجاد نمی‌کند. بر اساس مشاهدات زیر لوپ می‌توان بیان کرد که تا انتهای هفتهٔ اول آزمایش کمتر از ۲۰ درصد لاروهایی که غذای مصنوعی (بیواپتیمال، بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین) مصرف کرده بودند در دستگاه گوارش خود ذرات غذایی داشتند؛ در صورتی که، در تیمار غذای زنده این میزان بیشتر از ۵۰ درصد بود.

با مطالعهٔ تأثیرات مثبت استفاده از مکمل بتائین در جیرهٔ غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان، مشخص شد که استفاده از ۳ درصد مکمل بتائین در جیرهٔ غذایی باعث کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی (۱/۲۶ در مقابل ۱/۸۶ در تیمار شاهد) می‌شود (Sadeghi, 2004). همچنین، بنا بر گزارش‌ها، اضافه‌کردن ۰/۵ درصد مکمل بتائین به غذای تیلاپیا منجر به افزایش معنی‌داری در مصرف غذا می‌شود (Kasper *et al.*, 2002).

نتایج این مطالعه نشان داد که لاروهای تغذیه‌شده با غذای زنده ماندگاری بیشتری دارند و سطوح مختلف مکمل بتائین تأثیری در میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی ندارد. همچنین، روند تغییرات میزان بقا نشان داد که بیشترین تلفات لاروهای ماهی سوف معمولی در فاصلهٔ زمانی ۱۲–۲۶ روز پس از تفریخ اتفاق می‌افتد. بر اساس مطالعهٔ انجام‌شده دربارهٔ لارو ماهی سوف معمولی مشخص شد که مرگ و میر شدید در روزهای ۱۶–۲۱ پس از تفریخ احتمالاً به سبب اتمام کیسهٔ زردهٔ لارو، مصرف ناکافی غذای مصنوعی و رسیدن به نقطهٔ بازگشت‌ناپذیر و در روزهای ۲۰–۳۵ پس از تفریخ ناشی از هم‌نوع‌خواری است (Hamza *et al.*, 2008). تحقیق دیگری این قضیه را تأیید می‌کند که بیشترین تلفات طی هفتهٔ اول آزمایش (در روزهای ۱۲–۱۸ پس از تفریخ) اتفاق می‌افتد (Kestemont *et al.*, 2007).

میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی تغذیه‌شده با غذاهای مصنوعی معمولاً بسیار پایین گزارش شده است. برای مثال، مرگ و میر لاروهای تغذیه‌شده با غذای آغازین قزل‌آلای رنگین‌کمان بین ۳۱–۸۸ درصد بیان شده است (Zakes and Demeska-Zakes, 1996). فقط در یک مطالعه با استفاده از غذای فرموله‌شدهٔ Aglo Norse (۵۹ درصد پروتئین، ۲۱ درصد چربی)، به‌منزلهٔ غذای آغازین، میزان بقای لارو ماهی سوف بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است (Ostazewska *et al.*, 2005).

میزان هم‌نوع‌خواری در تیمار غذای زنده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. هم‌نوع‌خواری در تیمار غذای زنده در روز ۲۶ پس از تفریخ اتفاق افتاد؛ در حالی که، این امر در تیمارهای غذای مصنوعی (بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین) در روز ۳۳ پس از تفریخ مشاهده شد. در تیمار غذای زنده در فاصلهٔ زمانی ۱۹–۲۶ روز پس از تفریخ، به علت رشد سریع

لاروها، اندازهٔ ناپلی آرتمیا Inve برای دهان لاروها کوچک بود و به علت گرسنگی هم‌نوع‌خواری اتفاق افتاد؛ در حالی که، از روز ۲۶ پس از تفریخ به علت تغییر ناپلی آرتمیا Inve به ناپلی آرتمیا ارومیانا هم‌نوع‌خواری به طور کامل قطع شد. در تیمارهای غذای مصنوعی (بیواپتیمال و بیواپتیمال + سطوح مختلف مکمل بتائین) به علت کوچک‌بودن اندازهٔ لارو تا روز ۲۶ پس از تفریخ هم‌نوع‌خواری گزارش نشد، ولی در روزهای ۲۶-۳۳ پس از تفریخ با افزایش اندازهٔ لارو هم‌نوع‌خواری مشاهده شد. در آزمایشی مشخص شد که تغذیهٔ لارو با غذای زنده یا تأخیر در زمان تغییر عادت غذایی می‌تواند رفتار هم‌نوع‌خواری را در ماهی سوف افزایش دهد. این قضیه نشان می‌دهد که هم‌نوع‌خواری متأثر از نوع غذا، دستیابی به غذا و تفاوت اندازه در جمعیت است (Kestemont *et al.*, 2007).

این مطالعه اولین آزمایشی است که در آن تأثیر سطوح مختلف مکمل بتائین در پرورش لارو و نیز دیگر مراحل مختلف زندگی ماهی سوف معمولی مطالعه شده است. هیچ نتیجه‌گیری قطعی‌ای را نمی‌توان از این مطالعهٔ مقدماتی ترسیم کرد و این به سبب نبود اطلاعات در این گونه و نیز مراحل لاروی دیگر گونه‌های ماهی است. در نهایت، با توجه به موضوعات بحث‌شده و نتایج، می‌توان بیان کرد لاروهای تغذیه‌شده با غذای زنده به طور کلی وضعیت بهتری نسبت به دیگر تیمارها از نظر شاخص‌های رشد داشته‌اند و این اختلاف معنی‌دار بوده است ($P<0/05$). احتمالاً، استفاده از مواد جاذب در مراحل بعدی تکامل لارو یا در دوران نوجوانی نتایج بهتری نشان خواهد داد.

تقدیر و تشکر

از مسئولان، کارشناسان و پرسنل مرکز تکثیر، پرورش و بازسازی ذخایر آبزیان شادروان دکتر یوسف‌پور (سیاهکل) همچنین، از ریاست محترم شرکت جنوب تدارک کیش جناب آقای مهندس سُهائی و از جناب آقای مهندس شعاعی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

[1]. Asadi, M., Azari Takami, Gh., Sajadi, M. M., Moezi, M., Niroomand, M., 2010. Effect of rotifers enriched with betaine and concentrated diet containing betaine on growth, survival and stress resistance of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*). Journal of Iranian Science Fish 3(19), 1-10 (in Persian).

[2]. Bodis, M., Kucska, B., Bercsenyi, M., 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. Journal of Aquatic Intnernational 15, 83-90.

[3]. Craig, J. F., 2000. Percid Fishes. Systematics, Ecology and Exploitation. Blackwell Science, London, 352 p.

[4]. 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*). Journal of Aquatic Research 39, 291-300.

[5]. Genc, M.A., Tekeliogluu, 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 5(12), 1185-1188.

[6]. Halver, J. E., Hardy, R. W., 2002. Fish Nutrition. Academic Press, United States of America, 824 p.

[7]. Hamza, N., Mhetli, M., Kestemont, P., 2007. Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Journal of Fish Physiology Biochemistry 33, 121-133.

[8]. Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I.B., Cahu, C., Kestemont, P., 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Journal of Aquatics 275, 274-282.

[9]. Hilge, V., Steffens, W., 1996. Aquaculture of fry and fingerling of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). Journal of Applied Ichthyology 12, 167–170.

[10]. Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T., Szczepkowski, M., 2003. Fatty acid profile and meat utility of wild and cultured zander, *Sander lucioperc*a (L.). Journal of Polish Agriculture University 6, 1-7.

[11]. Kasper, C.S., White, M.R., Brown, P.B., 2002. Betaine can replace choline in diets for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Aquatics 205, 119-126.

[12]. Kasumyan, A.O., Doving, K.B., 2003. Taste preferences in fishes. Journal of Fish and Fisheries 4, 289-347.

[13]. Kestemont, P., Melard, C., 2000. Aquaculture. In: Craig, J.F (Ed.), Percid Fishes Systematics, Ecology and Exploitation. Blackwell Science, Oxford, pp. 191-224.

[14]. Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J., Toko, I.I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. Journla of Aquatics 264, 197-204.

[15]. Kottelat, M., 1997. *Sander lucioperca* (pikeperch), Available from http://www.fishbase.com. Accessed 6th december 2007.

[16]. Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A., 2007. Artificial Reproduction of Pikeperch. Olsztyn, 80 p.

[17]. Larsen, L.K. and Berg, S., 2008. Nobanis invasive alien species fact sheet *Stizostedion lucioperca*. Available from http://www.nobanis.org. Accessed 21th may 2008.

[18]. Nelson, J.S., 2006. Fishes of the World. 4 rd. edited by John Wiley and Sons Inc, New York, 845 p.

[19]. Ostazewska, T., 2005. Developmental changes of digestive system structures in pike-perch (*Sander lucioperca* L.). Electronica Journal of Ichthyology 2, 65-78.

[20]. Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czuminska, K., Olech, W., Olejniczak, M., 2005. Rearing of pike-perch larvae using formulated diets-first success with starter feeds. Journal of Aquautic Research 36, 1167-1176.

[21]. Sadeghi, H., 2004. A comparative study of the growth and survival rate and chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in different levels of Betaine supplementation. MSc thesis. Veterinary group. University of Tehran, Iran, 80 p (in Persian).

[22]. Sudagar, M., Azari Takami, Gh., Panomarev, C. A., Mahmoudzadeh, H., Abedian, A., Hosseini, S. A., 2005. The effects of different dietary levels of betaine and methionine as attractant on the growth factors and survival rate of juvenile beluga (*Huso huso*). Journal of Iranian Science Fish 2(14), 41-50 (in Persian).

[23]. Szkudlarek, M., Zakes, Z., 2007. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. Journal of Aquatics International 15, 67-81.

[24]. Xu, X., Maboudou, J., Toko, I. I., Kestemont, P., 2003. Larval study on pike perch *Stizostedion lucioper*: effects of weaning age and diets (live and formulated) on survival, growth, cannibalism, deformity and stress resistance. In: Barry, T.P., Malison, J.A (Eds.). The Third International Percid Fish Symposium, University of Wisconsin Sea Grant Institue, pp. 55-56.

[25]. 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. Turkey Journal of Veterinary Animal Science 29, 309-314.

[26]. Zakes, Z., Demeska-Zakes, K., 1996. Effects of diets on growth and reproductive development of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, reared under intensive culture condition. Journal of Aquatics Research 27, 841-845.