



انتخاب گونه ماهی دریایی مناسب، جهت تکثیر و پرورش در ایران

بهزاد سروی^{۱*}

۱. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، هرمزگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۴

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۲۶

چکیده

پرورش ماهیان دریایی در قفس یک صنعت نو پا در ایران محسوب می‌گردد. تأمین پیوسته بچه ماهیان مورد نیاز مزارع پرورش ماهی در قفس گلوگاه این صنعت است. بنابراین، انتخاب یک گونه مناسب جهت تکثیر و پرورش که تضمین کننده تأمین پیوسته نیاز مزارع پرورش ماهی در قفس باشد، کلید استمرار و موفقیت این صنعت است. تا به امروز در ایران چندین گونه مختلف ماهی دریایی جهت تکثیر و پرورش مورد استفاده قرار گرفته‌اند که بین کارشناسان علوم شیلاتی نظرات مختلفی در رابطه با انتخاب یکی از آنها به‌عنوان گونه هدف وجود داشته است. در این مطالعه سعی بر این است با معرفی تعدادی شاخص به‌عنوان نکات کلیدی در انتخاب گونه هدف، ماهیان بکار گرفته شده جهت تکثیر و پرورش با ادله علمی با یکدیگر مقایسه گردند و در نهایت یک ماهی به‌عنوان گونه هدف انتخاب گردد. همچنین یک گونه بومی مناسب جهت بکارگیری در صنعت تکثیر و پرورش ماهیان دریایی در ایران معرفی می‌گردد.

واژگان کلیدی: انتخاب گونه، تکثیر، پرورش، تولید مستمر، بچه ماهی.



Selection of suitable marine fish species for propagation and rearing in Iran

Behzad Sarvi^{1*}

1. Persian gulf and Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Received: 16-Jun-2022

Accepted: 05-Sep-2022

Abstract

Marine fish cage culture is a fledgling industry in Iran. The continuous supply of juvenile fish is needed for cage farms, and it is the bottleneck of this industry. Therefore, selecting a suitable species for breeding and rearing that guarantees the stable supply of juvenile fish is the key to the continuity and success of this industry. To date, in Iran, several different species of marine fish have been introduced for breeding and rearing, however there have been various opinions among fisheries experts regarding target species selection. In this study, several indicators considered and categorized as principal factors affecting the target species selection, then the characteristics of fish used for breeding and rearing were compared with scientific evidence, and consequently, a species was nominated as the target one. Also, a native proper species for utilization in the marine aquaculture industry in Iran introduced.

Key words: Species selection, Breeding, Rearing, Continuous production, Juvenile fish.

۱. مقدمه

در سال ۱۳۹۸ از مجموع ۵۲۶۷۲۹ هزار تن آبی تولید شده در ایران، حدود ۸۹ درصد آنها در آبهای شیرین و ۱۱ درصد آنها در منابع آب شور تولید شدند (سالنامه شیلات ایران ۱۳۹۹). این آمار گواه بر این حقیقت است که رقم قابل توجهی از تولید آبیان کشور با استفاده از منابع آب شیرین انجام می‌پذیرد. در سال‌های اخیر به دنبال کاهش قابل ملاحظه نزولات جوی و کم شدن منابع آب شیرین، فعالیت‌های آبی پروری با یک چالش جدی مواجه گردیده است. کاهش تولید آبیان در کشور می‌تواند منجر به ادامه روند افزایشی قیمت آنها و در نهایت سبب حذف این ماده غذایی از سفره مردم گردد. این پدیده می‌تواند سلامت جامعه را با یک خطر جدی مواجه سازد. چراکه آبیان به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست فعال فراوان تنها به‌عنوان یک ماده غذایی شکم پر کن مطرح نیستند، بلکه قادرند سبب بهبود و ارتقاء سطح کیفی سلامت افراد یک جامعه گردند. به همین دلیل افزایش تولید آبیان در کشور امری ضروریست. در همین راستا یکی از راه‌حل‌های موجود استفاده از منابع آبی شور دریایی در کشور جهت افزایش تولید آبیان از طریق پرورش ماهی در قفس است.

در مجموع ۲۷۰۰ کیلومتر مرز آبی ساحلی در شمال (۹۰۰ کیلومتر) و جنوب (۱۸۰۰ کیلومتر) کشور وجود دارد. در برنامه هفتم توسعه تولید ۴۰۰ هزار تن ماهی از طریق پرورش در قفس پیش‌بینی شده است که بخش عمده‌ای از آن می‌تواند در مزارع قفس دریایی در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان تولید گردد. گرچه پرورش ماهیان دریایی در قفس یک صنعت سودآور و اشتغالزای تلقی می‌شود ولی ریسک‌پذیر نیز است و تولید از این طریق با مخاطرات زیادی روبرو است. انتخاب گونه پرورشی، تأمین غذای با کیفیت برای تضمین رشد مطلوب، توانایی گونه در تطابق با محیط قفس، مقاومت

در برابر بیماری‌ها، نیاز بازار به گوشت این ماهی و تقاضا محور و بازار پسند بودن، تأمین تجهیزات مورد نیاز برای حمایت از پرورش در قفس‌های دریایی، مانند وسایل حمل و نقل، غذا و پرسنل از جمله این موارد محسوب می‌شوند. از اینرو، انتخاب گونه مناسب جهت پرورش یک نکته کلیدی در استمرار و موفقیت این صنعت تلقی می‌گردد.

۲. تاریخچه تکثیر و پرورش ماهیان دریایی

در جنوب ایران

کار روی ماهیان دریایی در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۷۲ در استان خوزستان و بندر امام خمینی با تکثیر ماهی هامور خال نارنجی (*Epinephelus coioides*)، آغاز گردیده است. از آن زمان تاکنون طرح‌های مختلفی در زمینه تکثیر و پرورش ماهیان دریایی به صورت ایستگاهی یا پایلوت و یا در مقیاس تجاری در استاهان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان توسط مراکز تحقیقاتی شیلاتی و یا بخش خصوصی اجرا گردیده است. در طی این مدت گونه‌های مورد استفاده در این مراکز جهت تکثیر و پرورش شامل گونه‌های نظیر، شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*)، صبیته (*Sparidentex hasta*)، هامور خال نارنجی، سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) و شانک سر طلایی (*Sparus aurata*) بوده است. لازم به ذکر است دو گونه اخیر یعنی سی‌باس آسیایی و شانک سر طلایی بومی آب‌های خلیج فارس و دریای عمان نبوده و به‌عنوان یک گونه غیر بومی مطرح هستند.

به منظور رونق و افزایش بازدهی صنعت پرورش ماهیان دریایی در قفس، متخصصین علوم شیلاتی کشور در تلاش برای معرفی و به‌کارگیری سایر گونه‌های بومی سریع‌الرشد و مستعد جهت تکثیر و پرورش در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان هستند. به همین منظور اخیراً یک پروژه توسط موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در

۳. مشکل عمده در پرورش لارو ماهیان دریایی

از لحاظ تکاملی لارو ماهیان به دو دسته لاروهای تکامل یافته^۱ و غیر تکامل یافته^۲ تقسیم می‌گردند (Bengtson, 2007). لاروهای تکامل یافته آنهایی هستند که با جذب کیسه زرده در آنها، ظاهری همانند والدین خود دارند و باله‌ها در آنها تکامل یافته است. همچنین دارای یک معده با عملکرد کامل هستند. بنابراین، توانایی هضم و جذب مواد غذایی فرموله را دارند. بهترین مثال برای این دسته، لاروهای آزاد ماهیان و قزل‌آلا است. لاروهای غیر تکامل یافته آنهایی هستند که با پایان جذب کیسه زرده، از لحاظ ظاهری هنوز در یک وضعیت غیر تکامل یافته به سر می‌برند و باله‌ها در آنها به صورت کامل شکل نگرفته است. در این دسته از لاروها سیستم گوارشی در این زمان در مرحله ابتدایی تکامل بوده و فاقد معده هستند. لاروهای اکثر ماهیان دریایی در این گروه قرار می‌گیرند.

دلیل طولانی بودن مراحل تکاملی لارو ماهیان دریایی اندازه کوچک تخم در آنهاست که سبب می‌گردد لاروها به صورت نارس تفریخ گردند. کوچک بودن اندازه تخم ماهیان دریایی نیز به استراتژی تولید مثلی آنها باز می‌گردد. به دلیل اینکه این دسته از ماهیان هیچگونه مراقبتی از تخم‌های خود به عمل نمی‌آورند، لذا برای افزایش شانسی بقا، نتاج خود، میزان هم‌آوری در آنها بسیار زیاد است که سبب کوچک شدن اندازه تخم می‌گردد (Johannes, 1978).

مشکل عمده در پرورش لارو ماهیان دریایی وابستگی طولانی مدت آنها به غذای زنده در هفته‌های آغازین بعد از تفریخ است (Kolkovski, 2001). همان‌طور که اشاره گردید این موضوع به عدم تکامل کامل دستگاه گوارش به خصوص شکل نگرفتن معده و عدم ترشح مکفی آنزیم‌های هضمی در هفته‌های آغازین بعد خروج از تخم باز

ایستگاه نرم‌تنان خلیج فارس واقع در بندر لنگه در خصوص مولدسازی ماهی سوکلا و امکان تکثیر آن در شرایط اسارت و سپس به‌کارگیری بچه ماهیان آن جهت پرورش در قفس در حال اجراست.

در راستای برنامه معرفی گونه‌های سریع‌الرشد به صنعت پرورش ماهیان دریایی کشور، در این بخش به معرفی یک گونه بومی بسیار ارزشمند و مناسب جهت تکثیر و پرورش در آب‌های جنوبی کشور می‌پردازیم. خوشبختانه در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان گونه‌های ارزشمند زیادی وجود دارند که مستعد تکثیر و پرورش در شرایط اسارتند که می‌توان به خانواده گیش ماهیان اشاره نمود. این خانواده دارای جنس‌های مختلف، شامل *Jack*، *Pompano*، *Queenfish*، *Scad*، *Trevally* است. جکها (*Seriola spp.*) که به شاه‌ماهی دم‌زرد (Yellowtail kingfish) نیز معروف هستند، از مهمترین جنس‌های این خانواده‌اند. این جنس دارای چهار گونه مهم تجاری، شامل *Seriola quinqueradiata*، *Seriola rivoliana*، *Seriola lalandi* و *Seriola dumerili* است که در حال حاضر در نقاط مختلف جهان در شرایط اسارت تکثیر شده و پرورش می‌یابند. در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان گونه *Seriola lalandi* وجود دارد که به همام و یا کبوتر ماهی معروف است. این گونه سطح‌زی یا پلاژیک است و یا در نزدیکی بستر یا منطقه اپی‌بنتیک زیست دارد و همچنین نزدیک صخره‌های مرجانی و آب‌های آزاد نیز یافت می‌گردد. از جمله مزیت‌های این گونه می‌توان به مواردی نظیر، ۱- امکان تکثیر آسان در شرایط اسارت بدون نیاز به تزریق هورمون ۲- سریع‌الرشد بودن در زمان پرورش در قفس، به‌طوری‌که در طول یک سال به وزن بالای ۲/۵ کیلوگرم دست خواهد یافت، ۳- چرخه کوتاه تبدیل لارو به بچه ماهی ۴- امکان پرورش آن در استخرهای بتنی ۵- کیفیت گوشت بسیار بالا و وجود تقاضای جهانی برای آن، اشاره داشت (Kolkovski and Sakakura, 2004).

¹ Precocial larvae

² Altericial larvae

مناسب جهت تکثیر و پرورش را می‌توان به شرح زیر مورد بررسی قرار داد.

۴.۱. بومی بودن

بومی بودن یک گونه با دیدگاه‌های بسیاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و مشکلات پرورش گونه‌های غیر بومی و ملاحظات محیط زیستی را ندارد و همچنین امکان تقویت ذخایر گونه بومی با تکثیر و پرورش آن نیز به وجود می‌آید. به عبارت دیگر تکثیر گونه بومی و رها سازی آن در دریا نه تنها سبب کاهش فشار صید، بلکه باعث بازسازی ذخایر آن نیز می‌گردد. در عین حال در هنگام پرورش گونه بومی در قفس‌های پرورشی، نگرانی‌های محیط زیستی در رابطه با آسیب رسانی آن به سایر گونه‌های بومی در منطقه در صورت گریز گونه از قفس و رقابت غذایی با آنها، نیز وجود نخواهد داشت. متأسفانه در حال حاضر واردات بچه ماهیانی، نظیر شانک سرطلایی و سی‌باس آسیایی از خارج کشور جهت تأمین بچه ماهیان مورد نیاز مزارع پرورش ماهی در قفس در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان، امکان خطر آسیب رسانی به ذخایر بیولوژیکی گونه‌های ارزشمند را در این ناحیه می‌تواند افزایش دهد که نیاز به بررسی‌های محیط زیستی بیشتری است.

۴.۲. بازار پسندی

محبوبیت و شناخت یک گونه در بین عامه مردم یک کشور از عوامل بسیار تأثیرگذار در انتخاب یک گونه است که سبب تضمین وجود تقاضا و بازار فروش داخلی و حتی خارجی برای آن می‌گردد. در این رابطه طعم یا مزه و کیفیت فیزیکی فیله (رنگ، نرم و یا سفت بودن) نقش کلیدی را در افزایش بازار پسندی یک گونه ایفا می‌نمایند.

۴.۳. زیبایی ظاهری

با توجه به اینکه در ایران بسیاری از شهرهای پرجمعیت با تقاضای قابل توجه برای ماهیان دریایی در بخش‌های مرکزی کشور و به دور از دریا قرار گرفته‌اند، لذا

می‌گردد. به همین دلیل جایگزینی غذای زنده با خوراک فرموله (ریزذرات غذایی) در مراحل اولیه بعد از تفریح همراه با دشواری و شکست مواجه خواهد بود. طولانی بودن دوره به کارگیری غذای زنده سبب افزایش هزینه تولید و بالا رفتن ریسک پرورش لاروها می‌گردد (Langdon, 2003). برای حل این مشکل دو راه حل، یکی رویکرد تغذیه‌ای و دیگری انتخاب گونه مناسب را می‌توان پیشنهاد کرد. در رویکرد تغذیه‌ای که خارج از موضوع مطالعه حاضر است، با به کارگیری موادی نظیر پروتئین هیدرولیز یا افزودن ترکیبات محرک ترشح آنزیم‌های هضمی پانکراسی به جیره، نظیر تورین و اسپرمین، به هضم آسان تر ریزذرات غذایی در دستگاه گوارش لاروها کمک کرده و به این ترتیب امکان جایگزینی زود هنگام تر غذای زنده با خوراک فرموله فراهم می‌گردد (Kolkovski, 2001). در رویکرد دیگر که انتخاب گونه مناسب است، سعی بر این است با مد نظر قرار دادن یک سری معیارها که جلوتر به آن اشاره خواهد شد، گونه‌ای انتخاب گردد که دارای بالاترین بازدهی تکثیر و پرورشی در شرایط اسارت باشد.

۴. عوامل دخیل در انتخاب گونه مناسب

برای پرورش ماهی در قفس به زیر ساخت‌هایی نظیر تفریح‌گاه، بخش تکثیر مولدین، بخش پرورش لاروها، بخش تولید جلبک و غذای زنده تا رسیدن به بچه ماهی مورد نیاز است و سپس به تجهیزات پرورشی مانند قفس، جهت پروراندی نیاز است. بنابراین، انتخاب گونه جهت تکثیر و پرورش تابع عملکرد مناسب و قابل قبول آن در تفریح‌گاه و قفس است. به صورت خلاصه، از منظر تکثیر، گونه مورد نظر باید قابلیت تخم‌ریزی در شرایط اسارت را داشته باشد و چرخه تبدیل لارو به بچه ماهی با بازماندگی قابل قبول و در کوتاه‌ترین زمان کامل گردد. از منظر پرورش، گونه مورد نظر باید سریع‌ال رشد باشد و در یک دوره کوتاه به وزن قابل قبول جهت ارائه به بازار برسد. در کل مهمترین شاخص‌های دخیل در انتخاب یک گونه

۴.۶. دوره کوتاه تکامل دستگاه گوارش لاروها و

تبدیل آنها به بچه ماهی

تکامل سیستم هضمی در بیشتر ماهیان استخوانی به طور کلی به سه مرحله عمده قابل تقسیم است (BISBAL and Bengtson, 1995). مرحله اول: از زمان تفریح شروع شده و با جذب کیسه زرده خاتمه می‌یابد. مرحله دوم: با شروع تغذیه خارجی آغاز شده و قبل از شکل‌گیری غدد معدی خاتمه پیدا می‌کند. مرحله سوم: از زمان پیدایش غدد معدی و زوائد پیلوریک به بعد است. این مرحله هم زمان است با متامورفوسم کامل و تبدیل لارو به بچه ماهی که دستگاه گوارش از لحاظ فیزیولوژی یک و آناتومیکی قادر به پذیرش خوراک فرموله است. اگرچه این الگوی تکامل در لارو اکثر ماهیان یکسان است، اما آنچه که لاروهای گونه‌های مختلف را از هم متمایز می‌سازد طول مدت زمان لازم برای سپری شدن هر یک از این مراحل فوق‌الذکر است. بنابراین، بسیار حائز اهمیت است گونه‌هایی جهت تکثیر و پرورش انتخاب گردند که مراحل سه گانه تکامل دستگاه گوارش آنها در کوتاه‌ترین زمان ممکن طی شود و چرخه تبدیل لارو آنها به بچه ماهی کوتاه باشد.

هر چه گونه انتخابی دارای اندازه تخم بزرگتر، لارو بزرگتر و تکامل یافته‌تر در زمان تفریح باشد، طول دوره لاروی و مراحل سه گانه تکامل دستگاه گوارش نیز کاهش خواهد یافت. کوتاه بودن طول دوره لاروی و مراحل سه گانه تکامل دستگاه گوارش سبب کوتاه شدن طول دوره تغذیه آنها با روتیفر و آرتمیا و تغییر رژیم غذایی زود هنگام‌تر آنها به خوراک فرموله (وینینگ) می‌گردد. حتی در بعضی از گونه‌ها که دارای لارو با دستگاه گوارش تکامل یافته‌تر هستند، امکان حذف آرتمیا از رژیم غذایی و تغییر رژیم غذایی لاروها از روتیفر مستقیماً به ریزذرات غذایی وجود دارد. کوتاه شدن طول دوره به‌کارگیری غذای زنده و امکان حذف آرتمیا از رژیم غذایی یک گونه سبب، کاهش قابل ملاحظه هزینه تمام شده جهت تولید بچه ماهیان آن می‌گردد.

بخش اعظمی از جمعیت آنها (به خصوص نسل جوان) با انواع ماهیان دریایی آشنایی چندانی نداشته و در زمان مراجعه به بازار زیبایی ظاهری یک گونه از عوامل مهم دخیل در انتخاب آنها خواهد بود. برای مثال زیبایی ظاهری بین دو گونه سی‌باس آسیایی و صبیتی بسیار متفاوت است. به طوری که سی‌باس آسیایی تیره رنگ و صبیتی ظاهری جذاب و نقره فام دارد و سبب جذب و ترغیب خریدار به انتخاب آن می‌گردد.

۴.۴. امکان تکثیر و تخم‌ریزی در شرایط اسارت

مولدین گونه مورد نظر باید توانایی سازگاری در شرایط اسارت را داشته باشند، تا بتوانند بدون نیاز به هورمون‌تراپی آماده تخم‌ریزی گردند. در این رابطه شرطی شدن سریع مولدین به غذا دهی دستی بسیار حائز اهمیت بوده و امکان توسعه و تکامل گنادی را برای مولدین نر و ماده در شرایط اسارت فراهم می‌آورد. عموماً گونه‌هایی از ماهیان که از لحاظ زیستی مهاجر و در سطح آب زیست دارند یا اپی‌پلاژیک‌اند، نظیر تن ماهیان، سوکلا و گیش ماهیان، نماینده‌های خوبی برای آبی‌پروری دریایی‌اند. این دسته از ماهیان اخیر به سختی خود را با شرایط اسارت وفق داده (به مخازن نگهداری با ظرفیت بالای ۲۰ متر مکعب نیاز دارند) و القاء آنها به تخم‌ریزی در اکثر مواقع مستلزم به‌کارگیری و تزریق هورمون است.

۴.۵. دوره کوتاه دست‌یابی به مولدین نسل اول (F₁)

بسیار حائز اهمیت است که نتایج حاصل از تکثیر یک گونه در شرایط اسارت در کوتاه‌ترین زمان ممکن به مولدین نسل اول آن (F₁) تبدیل گردند. هر چقدر طول دوره مولدسازی یک گونه طولانی‌تر باشد، متعاقباً هزینه تمام شده برای مولدسازی به دلیل طولانی بودن دوره تغذیه افزایش خواهد یافت. همچنین احتمال تلفات ماهیان قبل از رسیدن آنها به مرحله تخم‌ریزی وجود خواهد داشت.

۴.۷. بازماندگی لاروها

گونه منتخب باید دارای بازماندگی قابل قبول در پایان مرحله لاروی باشد. این عامل، کلید استمرار در تأمین پیوسته بچه ماهیان مورد نیاز صنعت پرورش ماهیان دریایی در قفس است. برخی از گونه‌های ماهیان دریایی، نظیر هامور ماهیان علی‌رغم هم‌آوری زیاد در زمان تخم‌ریزی دارای تلفات گسترده در پایان مرحله لاروی هستند که باید از انتخاب آنها به‌عنوان گونه منتخب اجتناب ورزید.

۴.۸. کوتاه بودن طول دوره پروراندی

گونه انتخابی باید سریع‌الرشد باشد و بچه ماهیان آن در کوتاه‌ترین زمان ممکن به وزن قابل ارائه به بازار دست یابند. در این راستا بسیار خوب است که بچه ماهیان گونه انتخابی حداکثر طی یک سال از زمان معرفی آنها به قفس‌های مورد استفاده جهت پروراندی به وزن قابل ارائه به بازار دست یابند.

۴.۹. چگونگی روش پرورش

پرورش در قفس متداول‌ترین روش پروراندی ماهیان دریایی است. اما، علاوه بر قفس امکان پذیر بودن پرورش یک گونه مفروض در استخرهای بتنی و خاکی از دیگر جنبه‌های پراهمیت در انتخاب گونه است. چراکه پرورش ماهی در قفس به دلیل مواجهه قفس با شرایط طبیعی حاکم در دریا دارای تنگناهای مختص خود است. حال آنکه با پرورش ماهی در استخرهای ساخته شده در ساحل به خصوص استخرهای بتنی امکان کنترل شرایط محیطی بیشتر فراهم خواهد بود.

۵. مواد و روش‌ها

برای انتخاب یک گونه از بین گونه‌های که جهت تکثیر و پرورش ماهیان دریایی در ایران پیشنهاد شده‌اند، ماهیان شاه ماهی، سوکلا، هامور خال نارنجی، سوف دریایی آسیایی (باراموندی یا سی‌بس آسیایی) و شانک ماهیان (شامل صیبتی، شانک زردباله و شانک سرطلایی)

با تحلیل ۹ شاخص بررسی گردیدند. سپس در بخش ۶، با استفاده از تجربیات میدانی و اطلاعات منتشر شده در رابطه با این گونه‌ها، شاخص‌های کاربردی در این مطالعه استخراج گردید. با مقایسه و تحلیل شاخص‌های مورد نظر، یک گونه مناسب جهت معرفی به صنعت تکثیر و پرورش ماهیان دریایی در ایران فراهم شد. لازم به ذکر است به دلیل مشابهت خصوصیات انتوژنیکی و هیستولوژیکی دستگاه گوارش و همچنین قرابت بسیار نزدیک خصوصیات تکثیر و پرورش سه گونه صیبتی، شانک زردباله و شانک سرطلایی، اطلاعات مربوط به آنها تحت عنوان شانک ماهیان در این مطالعه ارائه گردید.

۶. نتایج

۶.۱. مقایسه برخی شاخص‌های دوره پرورش لاروی

اندازه تخم، اندازه لاروها در زمان تفریح و در زمان شروع تغذیه فعال در شاه ماهی و سوکلا در مقایسه با سی‌باس آسیایی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان بزرگتر است (جدول ۱). در شروع تغذیه فعال اندازه دهان لاروها در شاه ماهی و سوکلا ۲۷۰-۲۵۰ میکرون، در سی‌باس آسیایی ۲۵۰ میکرون، در هامور خال نارنجی ۱۸۰-۱۵۰ میکرون و در شانک ماهیان بسته به نوع گونه بین ۲۵۰-۱۶۰ میکرون متغیر است (جدول ۱). در شروع تغذیه فعال روتیفر استفاده شده جهت تغذیه لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا از نوع بزرگ (L-type) و در لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان از نوع کوچک (S-type) است (جدول ۱). در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا تغذیه لاروها با روتیفر از روز دوم پس از تفریح آغاز و در روز ده الی دوازدهم پس از تفریح خاتمه می‌یابد. در حالی که در لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان این دوره بین روزهای دوم الی سی‌ام پس از تفریح است (جدول ۱). دوره تغذیه لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا با ناپلی آرتیمیا بین ۱۷-۱۴ روز به درازا خواهد انجامید. این در حالی است که دوره وابستگی لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان به ناپلی آرتیمیا

اما این دوره در بچه ماهیان شانک ماهیان و هامور خال نارنجی به ترتیب در هفته‌های ششم و هفتم بعد از تفریح کامل می‌گردد (جدول ۱). اندازه بچه ماهیان شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در پایان دوره تغییر رژیم غذایی در هفته چهارم بعد از تفریح ۲-۱/۵ سانتیمتر است. بچه ماهیان شانک ماهیان و هامور خال نارنجی در پایان دوره وینینگ به ترتیب در هفته‌های ششم و هفتم بعد از تفریح به سایز ۴-۳ سانتیمتر دست خواهند یافت (جدول ۱). میزان باز ماندگی بچه ماهیان در پایان دوره تغییر رژیم غذایی آنها به خوراک فرموله در شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا و شانک ماهیان حداکثر ۱۰ درصد ولی در هامور خال نارنجی حداکثر ۵ درصد است (جدول ۱).

حداقل ۳۰ روز است (جدول ۱). در پرورش شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا امکان حذف آرتمیا از برنامه غذایی لاروها وجود دارد در حالی که در هامور خال نارنجی و شانک ماهیان چنین موضوعی امکان‌پذیر نیست (جدول ۱). وینینگ یا تغییر رژیم غذایی به خوراک فرموله در لاروهای شاه ماهی، سوکلا و سی‌باس آسیایی در هفته سوم بعد از تفریح آغاز می‌گردد. این در حالی است که در لاروهای شانک ماهیان و هامور خال نارنجی شروع به کارگیری خوراک فرموله جهت تغذیه لاروها به ترتیب به هفته‌های چهارم و پنجم بعد از تفریح موکول می‌گردد. زمان کامل شدن تغییر رژیم غذایی و استفاده انحصاری از خوراک فرموله جهت تغذیه در بچه ماهیان شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در هفته چهارم بعد از تفریح است.

جدول ۱- مقایسه برخی شاخص‌های مهم در دوره لاروی بین گونه‌های مختلف

| جنس | | | | | شاخص |
|-----------|---------------|-------------|------------------|-----------|---|
| سوکلا | سی‌باس آسیایی | شانک ماهیان | هامور خال نارنجی | شاه ماهی | |
| ۱/۳ | ۰/۰-۷/۸ | ۰/۱-۸/۱ | ۰/۱-۸ | ۱/۱-۳/۵ | اندازه تخم (میلی‌متر) |
| ۳/۶ | ۱/۶ | ۱/۸ | ۱/۱-۴/۸ | ۳/۳-۶/۸ | اندازه لارو در زمان تفریح (میلی‌متر) |
| ۴/۴ | ۲/۵۲ | ۲/۰۳ | ۲/۵ | ۴/۶ | اندازه لارو در شروع تغذیه فعال (میلی‌متر) |
| ۲۷۰-۲۵۰ | ۲۵۰ | ۲۴۰-۱۴۰ | ۱۸۰-۱۵۰ | ۲۷۰-۲۵۰ | اندازه دهان لارو در شروع تغذیه فعال (میکرون) |
| L-type | L-type | S-type | S-type | L-type | نوع روتیفر استفاده شده در دوره لاروی |
| ۱۰-۲ | ۱۲-۲ | ۳۰-۲ | ۳۰-۲ | ۱۲-۲ | طول دوره تغذیه با روتیفر (روز بعد از تفریح) |
| ۲۷-۱۰ | ۲۳-۱۲ | ۵۰-۲۰ | ۵۰-۲۰ | ۲۴-۱۰ | طول دوره تغذیه با آرتمیا (روز بعد از تفریح) |
| وجود دارد | وجود دارد | وجود ندارد | وجود ندارد | وجود دارد | امکان حذف آرتمیا از جیره غذایی لاروها |
| ۱۸-۱۶ | ۲۱ | ۲۸-۲۶ | ۳۵ | ۱۸-۱۵ | زمان شروع وینینگ (روز بعد از تفریح) |
| ۲۷ | ۲۶ | ۴۲-۴۰ | ۵۰ | ۲۴ | زمان کامل شدن وینینگ (روز بعد از تفریح) |
| ۲۰-۱۵ | ۱۵-۱۳ | ۴۰-۲۵ | ۴۰-۳۰ | ۲۰-۱۵ | اندازه بچه ماهیان در پایان دوره وینینگ (میلی‌متر) |
| ۱۰-۷ | ۱۰-۵ | ۱۰-۵ | ۵-۴ | ۱۰-۷ | درصد میزان باز ماندگی در پایان دوره وینینگ |

و سوکلا چهار الی پنج روز و در لاروهای سی‌باس آسیایی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان سه الی چهار روز به دراز می‌انجامد (جدول ۲). کبد و پانکراس در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در روز دوم بعد از تفریح ظاهر می‌گردند

۲.۶. مقایسه مراحل تکاملی دستگاه گوارش لاروها

زمان باز شدن دهان و شروع تغذیه فعال در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در روزهای دوم تا سوم بعد از تفریح است (جدول ۲). جذب کامل کیسه زرده در لاروهای شاه ماهی

عملکرد کامل در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در هفته سوم بعد از تفریح و در لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در هفته پنجم بعد از تفریح ظاهر می‌گردد (جدول ۲). زوائد پیلوریک در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در هفته سوم بعد از تفریح و در لاروهای شانک ماهیان و هامور خال نارنجی به ترتیب در هفته چهارم و پنجم بعد از تفریح ظاهر می‌گردد (جدول ۲).

(جدول ۲). زمان پیدایش سلول‌های انتروسیت در جدار روده لارو شاه ماهی و سوکلا هفته اول بعد از تفریح، در سی‌باس آسیایی و هامور خال نارنجی هفته دوم و در شانک ماهیان هفته چهارم بعد از تفریح است (جدول ۲). زمان شکل‌گیری غدد معدی در لاروهای شاه ماهی و سوکلا هفته دوم بعد از تفریح، شانک ماهیان و سی‌باس آسیایی هفته سوم بعد از تفریح و هامور خال نارنجی هفته چهارم بعد از تفریح است (جدول ۲). معده با

جدول ۲- مقایسه برخی شاخص‌های مراحل تکاملی دستگاه گوارش در دوره لاروی بین گونه‌های مختلف

| جنس | | | | | شاخص |
|-------|---------------|-------------|------------------|----------|--|
| سوکلا | سی‌باس آسیایی | شانک ماهیان | هامور خال نارنجی | شاه ماهی | |
| ۳-۲ | ۳-۲ | ۳-۲ | ۳-۲ | ۳-۲ | زمان باز شدن دهان و شروع تغذیه فعال (روز بعد از تفریح) |
| ۵-۴ | ۴-۳ | ۴-۳ | ۴-۳ | ۵-۴ | جذب کامل کیسه زرده (روز بعد از تفریح) |
| ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | زمان ظهور کبد و پانکراس (روز بعد از تفریح) |
| ۱۰-۷ | ۱۴ | ۲۵ | ۱۵ | ۷ | زمان پیدایش سلول‌های انتروسیت (روز بعد از تفریح) |
| ۱۲ | ۱۷ | ۲۱ | ۲۲ | ۱۴ | زمان شکل‌گیری غدد معدی (روز بعد از تفریح) |
| ۲۰-۱۸ | ۱۸ | ۳۰ | ۳۵ | ۱۸ | زمان ظهور معده با عملکرد کامل (روز بعد از تفریح) |
| ۱۶-۱۵ | ۱۵ | ۲۵ | ۳۰ | ۱۸ | زمان شکل‌گیری زوائد پیلوریک (روز بعد از تفریح) |

۳-۲ کیلوگرم، ۳-۵ کیلوگرم و ۰/۳۵-۳ کیلوگرم) دست خواهند یافت. بچه ماهیان شانک ماهیان و هامور خال نارنجی از زمان معرفی آنها به قفس به ترتیب حداقل به ۱۴ و ۱۸ ماه زمان احتیاج دارند تا به اوزان قابل ارائه به بازار خود (هامور ماهیان ۱-۱/۵ کیلوگرم و شانک ماهیان ۰/۱-۴۵ کیلوگرم) دست یابند (جدول ۳). لازم به ذکر است وزن مناسب جهت معرفی بچه ماهیان به قفس‌های دریایی برای همگی این گونه‌های اخیر ۳۰-۵۰ گرم است.

۶.۳. مقایسه سرعت رشد و طول دوره رسیدن به

وزن بازاری

میانگین درصد نرخ رشد ویژه روزانه لاروها در شاه ماهی و سی‌باس آسیایی ۱۹ درصد، هامور خال نارنجی حدود ۸ درصد، شانک ماهیان ۱۱ درصد و در سوکلا ۲۱ درصد است. بچه ماهیان شاه ماهی و سوکلا طی ۱۲ ماه و سی‌باس آسیایی در مدت ۲۴-۶ ماه از زمان معرفی آنها به قفس‌های پروار بندی به وزن قابل ارائه به بازار (به ترتیب

جدول ۳- وزن قابل ارائه به بازار و طول دوره رسیدن به آن بین گونه‌های مختلف

| جنس | | | | | شاخص |
|-------|---------------|-------------|------------------|----------|--|
| سوکلا | سی‌باس آسیایی | شانک ماهیان | هامور خال نارنجی | شاه ماهی | |
| ۲۱ | ۱۹/۱۲ | ۱۱/۰۷ | ۷/۹۹ | ۱۹/۰۹ | میانگین درصد نرخ رشد ویژه روزانه لاروها (SGR%) |
| ۵-۳ | ۰/۳-۳۵ | ۰/۱-۴۵ | ۱-۱/۵ | ۳-۲ | وزن قابل ارائه به بازار (کیلوگرم) |
| ۱۲ | ۲۴-۶ | ۲۴-۱۴ | ۲۴-۱۸ | ۱۲ | زمان رسیدن به وزن قابل ارائه به بازار (ماه) |

۶.۴. مقایسه بازار پسندی و قیمت

بازار پسندی شاه ماهی، هامور خال نارنجی و سوکلا متوسط به بالا، سی‌باس آسیایی متوسط به پایین و شانک

ماهیان کم می‌باشد. همچنین متوسط قیمت جهانی شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان به ازاء هر کیلوگرم فیله در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴- مقایسه بازار پسندی و قیمت به ازاء هر کیلوگرم فیله بین گونه‌های مختلف (FAO, 2022)

| جنس | | | | | شاخص |
|------------|---------------|-------------|------------------|------------|-------------------------------------|
| سوکلا | سی‌باس آسیایی | شانک ماهیان | هامور خال نارنجی | شاه ماهی | |
| متوسط-بالا | متوسط-کم | کم | متوسط-بالا | متوسط-بالا | بازار پسندی |
| ۸-۶ | ۴-۳ | ۶-۵ | ۱۶-۱۳ | ۲۰-۱۰ | قیمت به ازاء هر کیلوگرم فیله (دلار) |

۶.۵. مقایسه سن بلوغ مولدین، انتقال جنسی، میزان

هم‌آوری مطلق و نیاز به تزریق هورمون جهت تخم‌ریزی

شاه ماهی و سوکلا هرمافرودیت نبوده بلکه جدا جنس (Gonochronic) هستند و سن بلوغ مولدین در آنها ۲-۳ سال است. همچنین میزان هم‌آوری مطلق بسته به وزن مولدین شاه ماهی و سوکلا به ترتیب بین ۱-۴ میلیون و ۲-۱ میلیون تخم در طول یک فصل تخم‌ریزی متغیر است. هامور خال نارنجی هرمافرودیت پروتوزینوس^۱ بوده و ابتدا ماده و سپس به جنس نر تبدیل می‌شود. مولدین این گونه در ۳-۴ سالگی آماده تولید مثل می‌گردند. میزان هم‌آوری مطلق در این ماهی بسته به وزن مولدین ماده بین ۳-۰/۸ میلیون تخم در طول یک فصل تخم‌ریزی متغیر است. سی‌باس آسیایی و شانک ماهیان هرمافرودیت

پروتاندروس^۲ هستند. این دسته از ماهیان ابتدا نر بوده و سپس به جنس ماده تغییر جنسیت می‌دهند. میزان هم‌آوری مطلق در سی‌باس آسیایی بین ۲-۳۰ میلیون تخم و در شانک ماهیان بین ۰/۸-۱/۵ میلیون تخم بسته به وزن مولدین در طول یک فصل تخم‌ریزی متغیر است. سن رسیدگی جنسی در شانک ماهیان ۲-۳ سال به طول می‌انجامد. طول دوره رسیدگی جنسی در سی‌باس آسیایی طولانی بوده، به طوری که مولد نر به ۴ و مولدین ماده به ۶ سال زمان احتیاج دارند تا آماده تولید مثل گردند. القاء مولدین سی‌باس آسیایی و سوکلا به تخم‌ریزی نیازمند هورمون‌تراپی است، در حالی که شاه ماهی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان بدون نیاز به تزریق هورمون قادر به تخم‌ریزی در شرایط اسارت هستند.

جدول ۵- سن بلوغ مولدین، انتقال جنسی، میانگین هم‌آوری مطلق و نیاز به تزریق هورمون جهت تخم‌ریزی

| جنس | | | | | شاخص |
|------------|---------------|-------------|------------------|------------|--|
| سوکلا | سی‌باس آسیایی | شانک ماهیان | هامور خال نارنجی | شاه ماهی | |
| ۳-۲ | ۶-۴ | ۳-۲ | ۴-۳ | ۳-۲ | سن بلوغ (سال) |
| Gonochoric | Protandrous | Protandrous | Protogynous | Gonochoric | انتقال جنسی |
| ۲-۱ | ۳۰-۲ | ۰/۱-۸/۵ | ۰/۳-۸ | ۴-۱ | میانگین هم‌آوری مطلق (میلیون) |
| دارد | دارد | ندارد | ندارد | ندارد | نیاز به هورمون‌تراپی جهت القاء به تخم‌ریزی |

¹ Protogynous hermaphrodite

² Protandrous hermaphrodite

۶.۶. مقایسه میزان کل تولید

آخرین آمار مربوط به میزان تولیدات شاه ماهی، هامور

خال نارنجی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در سال ۲۰۲۰ و شانک ماهیان در سال ۲۰۱۹ در جدول ۶ ارائه گردیده است.

جدول ۶- میزان کل تولید جهانی گونه‌های مختلف (FAO, 2022)

| شاخص | جنس | | | |
|---------------------|----------|------------------|-------------|---------------|
| | شاه ماهی | هامور خال نارنجی | شانک ماهیان | سی‌باس آسیایی |
| سال | ۲۰۲۰ | ۲۰۲۰ | ۲۰۱۹ | ۲۰۲۰ |
| کل میزان تولید (تن) | ۲۰۵۰۰۰ | ۱۸۵۰۰۰ | ۲۵۸۷۵۴ | ۱۱۵۰۰۰ |

۷. بحث و نتیجه گیری نهایی

فقدان یک دستگاه گوارشی تکامل یافته در لارو ماهیان دریایی در زمان شروع تغذیه فعال عامل اصلی وابستگی آنها به غذای زنده است. هرچه سرعت مراحل سه گانه تکامل دستگاه گوارش در لارو ماهیان دریایی کوتاه‌تر باشد و در هفته‌های آغازین پس از شروع تغذیه فعال دارای سیستم گوارشی تکامل یافته‌تر باشند؛ اولاً، شانس جایگزینی موفقیت آمیز و زود هنگام غذای زنده با خوراک فرموله افزایش یافته و نهایتاً امکان کاهش هزینه تولید فراهم می‌گردد. ثانیاً، رشد و بازماندگی آنها در زمان تغییر رژیم غذایی به خوراک فرموله بالاتر خواهند بود. اطلاعات مربوط به اندازه تخم، اندازه لاروها در زمان تفریخ و در زمان شروع تغذیه فعال (جدول ۱) نشان می‌دهد که شاه ماهی و سوکلا دارای لاروهای به مراتب بزرگتر نسبت به سی‌باس آسیایی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در زمان تفریخ و شروع تغذیه فعال هستند.

بزرگ بودن اندازه لاروها در زمان شروع تغذیه فعال این امکان را فراهم می‌آورد که متعاقباً به دلیل دارا بودن اندازه بزرگتر دهان به توان از روتیفرهای بزرگ (L-type) جهت تغذیه لاروها استفاده نمود. هر چند سی‌باس آسیایی دارای لاروهای کوچک در زمان تفریخ است، اما رشد آلومتریک مثبت لاروهای این گونه به خصوص در ناحیه سر در دوره جذب کیسه زرده آنها را در وضعیتی قرار

می‌دهد که در شروع تغذیه فعال امکان به کارگیری روتیفرهای بزرگ (L-type) جهت تغذیه آنها وجود دارد (Dhert et al., 1992). بنابراین، در پرورش لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا نیاز به جدا سازی نوزاد روتیفر جهت تغذیه آنها در شروع تغذیه فعال وجود نداشته و استفاده از روتیفر مخلوط (روتیفر بالغ + نوزاد روتیفر) جهت تغذیه آنها میسر است. در حالی که جهت تغذیه لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در زمان شروع تغذیه فعال به دلیل سایز کوچک دهان لاروها حتماً باید از روتیفرهای کوچک (S-type) جهت تغذیه آنها استفاده نمود. بنابراین، در این دسته از لاروها حتماً نیاز به جداسازی نوزاد روتیفر از بالغین آن جهت معرفی به مخازن پرورش لاروی در بخش غذای زنده وجود دارد. کوتاه بودن طول دوره مراحل سه گانه تکامل دستگاه گوارش در لاروهای نظیر، شاه ماهی، سوکلا و سی‌باس آسیایی سبب می‌گردد دوره وابستگی به غذای زنده، شامل روتیفر و آرتمیا نسبت به هامور خال نارنجی و شانک ماهیان کوتاه‌تر باشد (جدول ۱). تولید غذای زنده ۸۰ درصد هزینه تولید بچه ماهیان ۴۵ روزه را به خود اختصاص می‌دهد (Person Le Ruyet et al., 1993). بنابراین، کاهش وابستگی به غذای زنده سبب کاهش هزینه تولید بچه ماهیان می‌گردد. به خصوص در مورد آرتمیا که به تنهایی ۵۰-۴۰ درصد کل هزینه خوراک در

¹ Baby Rotifer

هامور خال نارنجی کامل شدن این دوره به ترتیب در هفته ششم و هفتم بعد از تفریح به وقوع می‌پیوندد. سایز بچه ماهیان شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در پایان دوره تغییر رژیم غذایی حداقل ۱/۵ سانتیمتر است، در حالی که شانک ماهیان و هامور خال نارنجی در پایان بازه زمانی مشابه (هفته چهارم بعد از تفریح) دارای سایزی حدود یک سانتیمتر هستند.

شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا و شانک ماهیان در پایان دوره پرورش لاروی دارای بازماندگی ۱۰ درصدی هستند، در حالی که در هامور خال نارنجی در شرایط ایده‌آل پرورشی لاروها این میزان حداکثر ۵ درصد خواهد بود. بالا بودن میزان تلفات هامور خال نارنجی در طول دوره پرورش آنها، علاوه بر ریشه‌های تغذیه‌ای، بیماری، هم‌جنس‌خواری، ژنتیک، کیفیت ضعیف تخم و صدمات فیزیکی به لاروها که عوامل اصلی تلفات لارو گونه‌های مختلف آبزیان در زمان پرورش آنها در شرایط اسارات است (Salze et al., 2008)، به شکل مورفولوژیکی خاص لاروهای این گونه و فتوتورویسم مثبت آنها در طی این دوره باز می‌گردد. شعاع‌های باله پشتی و سینه‌ای در لاروهای این گونه از روز هشتم بعد از تفریح یک افزایش سایز قابل توجه دارند. تابش مستقیم نور به سطح مخازن پرورش لاروهای هامور خال نارنجی سبب جذب شدن لاروها به نور و تجمع آنها در سطح آب می‌گردد. در این زمان شعاع‌های بلند باله پشتی و سینه‌ای لاروهای تجمع یافته در سطح آب به یکدیگر گیر کرده و سبب به دام افتادن لاروها در سطح آب و نهایتاً بروز تلفات گسترده در آنها می‌گردد (Sugama et al., 2012).

در لارو ماهیان دریایی بین باز شدن دهان و شروع تغذیه فعال یک وقفه کوتاه مدت وجود دارد. علت این است که علی‌رغم باز شدن دهان این اندام و روده که به ترتیب در هضم مقدماتی و هضم نهایی دخیل هستند، هنوز به خوبی تکامل نیافته‌اند. از این رو انرژی صرف شده توسط لاروها برای جستجوی شکار احتمالاً بوسیله انرژی حاصل از هضم طعمه جبران نمی‌گردد

دوره لاروی را به خود اختصاص می‌دهد، کوتاه بودن طول دوره استفاده از آن سبب کاهش قابل ملاحظه هزینه تمام شده برای تولید بچه ماهی خواهد گردید. در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا امکان کاهش و یا حذف آرتیمیا از برنامه غذایی لاروها و تغییر مستقیم رژیم غذایی آنها به خوراک فرموله در صورت گسترده‌تر کردن طول دوره تغذیه آنها با روتیفر وجود دارد، در حالی که در لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان چنین اقدامی منجر به بروز تلفات گسترده در آنها خواهد گردید (Nhu et al., 2010; Shiozawa et al., 2003).

شروع دوره تغییر رژیم غذایی به خوراک فرموله (وینینگ) در لاروهای شاه ماهی، سوکلا و سی‌باس آسیایی به دلیل تکامل سریع دستگاه گوارش آنها، در هفته سوم بعد از تفریح آغاز و در هفته چهارم بعد از تفریح امکان استفاده انحصاری از خوراک فرموله جهت تغذیه آنها میسر خواهد بود (جدول ۱). در لاروهای شانک ماهیان و هامور خال نارنجی به دلیل اینکه ظهور معده با عملکرد کامل چندین هفته بعد از تفریح رخ می‌دهد، شروع این دوره تا هفته‌های چهارم و پنجم بعد از تفریح به تعویق افتاده و متعاقباً در هفته‌های ششم و هفتم بعد از تفریح کامل می‌گردد. بنابراین، طول دوره تغذیه لاروها با خوراک زنده در لاروهای شانک ماهیان و هامور خال نارنجی دو تا سه هفته طولانی‌تر از شاه ماهی، سوکلا و سی‌باس آسیایی است. لازم به ذکر است در طول دوره وینینگ تغذیه لاروها به صورت ترکیبی^۱ با استفاده از غذای زنده و خوراک فرموله صورت می‌پذیرد.

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، بچه ماهیان شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در پایان دوره تغییر رژیم غذایی دارای سایز کوچکتری نسبت به شانک ماهیان و هامور خال نارنجی هستند. این موضوع به سن لاروها در پایان دوره تغییر رژیم غذایی آنها به خوراک فرموله باز می‌گردد. به طوری که کامل شدن دوره وینینگ در شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در هفته چهارم بعد از تفریح رخ می‌دهد، در حالی که در شانک ماهیان و

^۱ Co-feeding

فقدان شکل‌گیری معده در هفته‌های آغازین پس از خروج آنها از تخم هضم معدی وجود نداشته و روده نقش اصلی را در هضم مواد غذایی ایفا می‌نماید (Zambonino Infante and Cahu, 2001).

شکل‌گیری غدد معدی به معنا و مفهوم کارآمدی آن نبوده و معمولاً بین ردیابی مورفولوژیک و کارآمدی فیزیولوژیک غدد معدی (ترشح پپسینوژن و HCL) چند روز فاصله وجود دارد که در انتهای این دوره به شکل‌گیری معده با عملکرد کامل ختم می‌گردد (Zambonino Infante and Cahu, 2001). در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا در هفته سوم بعد از تفریح و در لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در هفته پنجم بعد از تفریح معده با عملکرد کامل ظاهر می‌گردد.

شکل‌گیری زوائد پیلوریک نیز همانند تمایز غدد معدی به‌عنوان یک خصوصیت آناتومیکی دستگاه گوارش، نشان دهنده پایان مرحله لاروی و شروع مرحله بچه ماهی است (Zambonino Infante and Cahu, 2001). زمان تمایز غدد معدی و ظهور زوائد پیلوریک در لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا گواهی این حقیقت است که سرعت تکامل دستگاه گوارش در آنها سریعتر از لاروهای هامور خال نارنجی و شانک ماهیان است.

بدون شک یکی از شاخص‌های بسیار موثر در انتخاب یک گونه، سرعت رشد و زمان مورد نیاز برای رسیدن به وزن قابل ارائه به بازار در شرایط اسارت است. وزن قابل ارائه به بازار و طول دوره رسیدن به آن در شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان در جدول ۳ ارائه گردیده است. لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی و سوکلا دارای رشد سریع بوده و میانگین درصد نرخ رشد ویژه لاروهای آنها ۱۹ درصد (شاه ماهی و سی‌باس آسیایی) و ۲۱ درصد (سوکلا) است. بچه ماهیان این سه گونه اخیر طی یک سال از زمان معرفی آنها به قفس به وزن قابل ارائه به بازار دست

(Yúfera *et al.*, 1993). لاروهای شاه ماهی، سی‌باس آسیایی، سوکلا، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان از این واقعیت مستثنی نبوده و باز شدن دهان و شروع تغذیه فعال در آنها حد فاصل روزهای دوم تا سوم بعد از تفریح به وقوع می‌پیوندد.

شاه ماهی و سوکلا به دلیل دارا بودن اندازه تخم بزرگتر در مقایسه با سی‌باس آسیایی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان، لاروهای تازه تفریح شده آنها از تخم متعاقباً دارای اندازه کیسه زرده بزرگتر هستند. به همین دلیل طول دوره جذب کیسه زرده در شاه ماهی و سوکلا در مقایسه با سی‌باس آسیایی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان طولانی‌تر است. محتویات کیسه زرده ترکیبات غذایی مورد نیاز برای رشد لاروها را در زمان تغذیه داخلی فراهم می‌آورد. بنابراین، هرچه ذخیره کیسه زرده بیشتر باشد از تکامل لاروها در این دوره حمایت بیشتری به عمل خواهد آمد (Rønnestad *et al.*, 1999).

زمان ظهور کبد و پانکراس در همگی گونه‌های مطرح در این مطالعه روز دوم بعد از تفریح است. کبد و پانکراس محل سنتز به ترتیب نمک‌های صفراوی و آنزیم‌های هضمی پانکراسی هستند که محل عمل آنها در روده می‌باشد. این موضوع نشان دهنده اهمیت هضم روده‌ای در مراحل اولیه تکامل ماهیان دریایی است (Zambonino-Infante *et al.*, 2008).

سلول‌های انتروسیت‌آفراوان‌ترین سلول‌های اپیتلیال جدار روده بوده و ظهور این سلول‌ها نشان دهنده تکامل و کارایی روده لاروهاست (Lazo *et al.*, 2011). در شاه ماهی و سوکلا زمان ظهور این سلول‌ها در جدار روده هفته اول بعد از تفریح، در سی‌باس آسیایی و هامور خال نارنجی هفته دوم و در شانک ماهیان هفته چهارم بعد از تفریح است. این نشان دهنده تکامل سریعتر روده در شاه ماهی و سوکلا نسبت به سه گونه دیگر است. تکامل سریع روده به بقای بهتر و رشد سریعتر لارو ماهیان دریایی منجر می‌گردد. چرا که در لارو ماهیان دریایی به دلیل

¹ Endogenous feeding

² Enterocytes cells

۴-۶ سال است. آگاهی از سن مولدین از این حیث حائز اهمیت است که مدت زمان لازم جهت دستیابی به مولدین نسل اول (F_1) را در شرایط اسارت نشان می‌دهد. همان طور که قبلاً نیز اشاره گردید طولانی بودن طول دوره مولدسازی در یک گونه مفروض در شرایط اسارت نه تنها سبب افزایش قابل ملاحظه هزینه نگهداری آن می‌گردد، بلکه احتمال تلف شدن ماهیان در طول دوره مولدسازی در اثر عوامل مختلف قبل از رسیدن به سن بلوغ و تخم‌ریزی نیز وجود خواهد داشت که سبب افزایش ریسک سرمایه‌گذاری می‌گردد.

جدا جنس بودن یک گونه امکان پرورش تک جنسی آنرا در زمان پرواربندی فراهم می‌آورد. در برخی از ماهیان جنس نر و در بعضی دیگر جنس ماده از رشد سریعتری برخوردار هستند. برای مثال، در ماهی سوکلا جنس ماده دارای سرعت رشد بیشتری نسبت به جنس نر است، به همین دلیل از ماهیان ماده جهت پرواربندی استفاده می‌گردد (Benetti et al., 2021).

مولدین سوکلا و سی‌باس آسیایی جهت تخم‌ریزی در شرایط اسارت نیازمند تزریق هورمون هستند، در صورتی که مولدین شاه ماهی، هامور خال نارنجی و شانک ماهیان بدون نیاز به تزریق هورمون قادر به تخم‌ریزی می‌باشند. نیاز به هورمون‌تراپی جهت القاء مولدین یک گونه به تخم‌ریزی یک نکته منفی از لحاظ انتخاب گونه محسوب می‌گردد. به دلیل اینکه تزریق هورمون امری بسیار پر مخاطره بوده و گونه را در معرض استرس شدید و حتی خطر مرگ قرار می‌دهد. لذا گونه‌هایی باید جهت تکثیر انتخاب گردند که بدون نیاز به تزریق هورمون قادر به تخم‌ریزی در شرایط اسارت باشند. متأسفانه اکثر گونه‌های دریایی تجاری سریع‌الرشد جهت القاء به تخم‌ریزی نیازمند تزریق هورمون هستند.

آخرین آمار مربوط به میزان تولید در گونه‌های مطرح در این مطالعه نشان می‌دهد بالاترین میزان تولید مربوط به شانک ماهیان و کمترین میزان مربوط به سوکلا است (جدول ۶). بالا بودن میزان تولید شانک ماهیان به علت سهولت تکثیر و پرورش آن و همچنین تعدد کشورهای

می‌یابند. هامور خال نارنجی و شانک ماهیان از سرعت رشد کمتری برخوردار هستند. میانگین در صد نرخ رشد ویژه لاروهای هامور خال نارنجی حدوداً ۸ درصد و شانک ماهیان ۱۱ درصد است. بچه ماهیان این دو گونه اخیر به بیش از یک سال زمان جهت رسیدن به وزن بازاری احتیاج دارند (جدول ۳). طولانی بودن طول دوره پرورش در قفس به دلیل مخاطرات زیست محیطی که قفس‌های دریایی به صورت ذاتی با آن روبرو هستند، نظیر کشند سرخ، طوفان و غیره سبب افزایش ریسک سرمایه‌گذاری گردیده و احتمال تلفات را در طول دوره پرورش افزایش می‌دهد.

از جنبه بازار پسندی شاه ماهی، یک ماهی گران قیمت و محبوب در شرق آسیا، خاورمیانه، کشورهای اروپایی حوضه دریای مدیترانه، شمال و جنوب قاره آمریکا و استرالیا است. هامور خال نارنجی در کشورهای حوضه خلیج فارس و جنوب شرق آسیا گران قیمت و فوق العاده محبوب است. در بین شانک ماهیان، گونه شانک سرطلایی تولید و پرورش آن در کشورهای اروپایی حوضه دریای مدیترانه به بلوغ رسیده و با افت قیمت و محبوبیت مواجه است (FAO, 2015a). همچنین شانک زردباله و صبیتی تنها در کشورهای حوضه خلیج فارس دارای محبوبیت بالا هستند. سی‌باس آسیایی، یک گونه ارزان قیمت با محبوب متوسط است که بیشتر پرورش دهندگان در جنوب شرق آسیا به دنبال جایگزینی آن با گونه‌های محبوب تر نظیر هامور خال نارنجی هستند (FAO, 2015b). سوکلا دارای محبوبیت در برخی از کشورهای جنوب شرق آسیا (چین، تایوان و ویتنام)، قاره آمریکا (اکوادور، پاناما و آمریکا) و کشورهای حوضه خلیج فارس است. رویهم رفته شاه ماهی، هامور خال نارنجی و سوکلا ماهیانی بازار پسندتر نسبت به شانک ماهیان و سی‌باس آسیایی محسوب می‌شوند و قیمت هر کیلوگرم فیله آن نیز در بازار جهانی گواه و تصدیق کننده این حقیقت است (جدول ۴).

سن بلوغ مولدین در شاه ماهی، سوکلا و شانک ماهیان ۲-۳ سال، هامور خال نارنجی ۴-۳ سال و سی‌باس آسیایی

سی‌باس آسیایی و سوکلا با استفاده از شاخص‌هایی که در قسمت‌های قبلی این مطالعه به آن اشاره گردید و مورد بحث قرار گرفت، نشان می‌دهد هامور خال نارنجی و شانک ماهیان گونه‌های نامناسب و سی‌باس آسیایی، سوکلا و شاه ماهی گونه‌هایی مناسب جهت به‌کارگیری در صنعت پرورش ماهیان دریایی در ایران هستند. از بین سه گونه منتخب اخیر سی‌باس آسیایی در رده پایین‌تری نسبت به دو گونه دیگر قرار می‌گیرد. چراکه اولاً، این ماهی به‌عنوان یک گونه بومی مطرح نبوده و گریز ماهیان پرورشی از مزارع قفس می‌تواند سایر گونه‌های بومی را که با آن دارای سفره غذایی مشترک هستند در معرض خطر نابودی و انقراض قرار دهد. ثانیاً، طول دوره مولدسازی آن بسیار طولانی بوده به‌طوری که مولدین نر و ماده آن به ترتیب به چهار و شش سال زمان جهت رسیدن به بلوغ احتیاج دارند. ثالثاً، این ماهی جهت کامل شدن رسیدگی گناد و تخم‌ریزی در شرایط اسارت نیازمند یک مرحله تغییرات شوری آب در مخازن نگهداری مولدین است. رابعاً، ضعیف بودن زیبایی ظاهری این گونه به دلیل رنگ تیره و همچنین لذیذ نبودن آن سبب کم شدن بازار پسندی سی‌باس آسیایی در مقایسه با سایر گونه‌ها گردیده است. مقایسه دو گونه شاه ماهی و سوکلا با معیارهای مورد استفاده در این مطالعه با سایر گونه‌های مطرح جهت آبی پروری دریایی در جهان همچنان آن‌ها را در راس لیست انتخاب گونه قرار می‌دهد. هر دو گونه از لحاظ سرعت تکامل دستگاه گوارش لاروها و چرخه تبدیل لارو به بچه ماهی در یک وضعیت یکسان و تقریباً مشابه قرار دارند. اگرچه سرعت رشد هر دو گونه در زمان لاروی و پروار بندی بسیار مناسب است، اما سوکلا در این زمینه دارای سرعت رشد نسبتاً بالاتری در مقایسه با شاه ماهی است (جدول ۳). همین موضوع به مهم‌ترین نقطه ضعف سوکلا در قیاس با شاه ماهی و حتی سایر گونه‌ها بدل گردیده است و مهم‌ترین عامل در عدم توسعه تکثیر و پرورش آن در سراسر جهان است. به طوری که در بین گونه‌های مورد مطالعه در این مقاله از کمترین میزان تولید برخوردار بوده است.

حوزه دریای مدیترانه نظیر ترکیه، یونان، اسپانیا، ایتالیا و غیره است که در پرورش شانک سرطلایی دخیل هستند. همان طور که پیش تر اشاره گردید بالا بودن میزان تولید شانک سرطلایی سبب اشباع شدن بازار جهانی و کاهش قیمت آن گردیده است. کم بودن میزان تولید سوکلا نشان دهنده سخت بودن تکثیر و پرورش آن است. مراجعه به میزان تولید سوکلا در ده سال اخیر نشان می‌دهد که تولید آن از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بین ۴۰ تا ۵۰ هزار تن در نوسان بوده است و دارای یک روند افزایشی بسیار کند و حتی یکنواخت در بعضی سال‌ها در طی این مدت بوده است (Benetti et al., 2021).

۸. نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به جوان بودن صنعت پرورش ماهیان دریایی در کشور بسیار ضروری است که برنامه‌ریزی جهت توسعه این صنعت از ابتدا به درستی انجام پذیرد تا بستر لازم برای تداوم موفقیت آمیز آن با کمترین نوسان فراهم گردد. در همین راستا انتخاب گونه یکی از عوامل کلیدی در استمرار موفقیت آمیز این صنعت است. همان طور که قبلاً اشاره شد در سال‌های اخیر گونه‌های نظیر هامور خال نارنجی، شانک ماهیان و سی‌باس آسیایی جهت تکثیر و پرورش در ایران مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین اخیراً پروژه‌ای توسط موسسه تحقیقات علوم شیلاتی در راستای تکثیر مولدین سوکلا در بندر لنگه در حال اجراست. در مطالعه حاضر نیز از خانواده گیش ماهیان گونه *S. lalandi* به‌عنوان یک گونه مناسب و مستعد جهت تکثیر و پرورش در ایران معرفی گردید. همان طور که اشاره شد کوتاه بودن مراحل سه‌گانه تکامل دستگاه گوارش لاروها و چرخه تبدیل آن‌ها به بچه ماهی و همچنین کوتاه بودن زمان رسیدن به وزن قابل ارائه به بازار در زمان پروار بندی به‌عنوان دو فاکتور بسیار تأثیرگذار در کنار سایر موارد مطرح گردیده در این مطالعه در انتخاب گونه موثر هستند. مقایسه شاه ماهی، هامور خال نارنجی، شانک ماهیان،

گردید که نهایتاً سبب کاهش ظرفیت زیستی مزارع پرورش در قفس می‌گردد

با توجه به موضوعات مورد بحث در این مقاله، شاه ماهی، گونه *S. lalandi* رتبه اول را به‌عنوان یک ماهی منتخب و مناسب جهت به‌کارگیری در صنعت تکثیر و پرورش ماهیان دریایی در ایران به خود اختصاص می‌دهد. به خصوصیات مثبت این گونه در بخش‌های قبلی اشاره گردید. از مزایای مهم این گونه در مقایسه با سوکلا، می‌توان به مواردی نظیر، عدم نیاز به هورمون‌تراپی جهت لقاء مولدین آن به تخم‌ریزی و ضروری نبودن به کارگیری قفس‌های دور از ساحل جهت پروراندن آن اشاره نمود. بعلاوه پرورش این ماهی در استخرهای بتنی به راحتی امکان پذیر است.

بنابراین، ضروری به نظر می‌رسد که موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، به‌عنوان متولی فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه آبی‌پروری در کشور، برنامه‌ای را برای آغاز پروژه‌های تحقیقاتی جهت مولدسازی، تکثیر و پرورش آن تدوین نموده تا فناوری آن در طی یک دوره ۴-۵ ساله بومی گردد. دست‌یابی به فناوری بومی جهت تکثیر و پرورش این گونه از این حیث حائز اهمیت خواهد بود که، با توجه به خصوصیات منحصر به فردش، به اهداف آبی‌پروری کشور، با توجه به برنامه هفتم توسعه در زمینه پرورش ماهی در قفس، خواهیم رسید.

رشد سریع در یک گونه علاوه بر مزایا دارای جوانب منفی مختص به خود نیز است. رشد در واقع سنتز پروتئین و ذخیره آن در بدن است. در دوره لاروی، عدم فراهم آوری به موقع ترکیبات تغذیه‌ای در زمان وجود تقاضای بیولوژیکی در لاروهای سریع‌الرشد سبب بروز تلفات گسترده و افزایش قابل ملاحظه ناهنجاری اسکلتی در آنها می‌گردد. در زمان پروراندن، رشد سریع به منزله افزایش کمیت غذایی و متعاقباً تولید قابل ملاحظه ترکیبات متابولیتی و دفعی، نظیر آمونیاک و افزایش میزان ذرات معلق در پیکره آب است. افزایش تولید این مواد در پیکره آب و رسوب آنها به بستر قفس‌هایی که به صورت معمول در نواحی نزدیک به خط ساحلی با عمق و جریان نسبتاً کم آب احداث می‌گردند سبب بروز مشکلات جدی بر ماهی در طول دوره پرورش می‌گردد. بنابراین، پروراندن سوکلا در قفس‌های دور از ساحل (Ocean spar) جایی که غلظت‌های بالاتر اکسیژن محلول آب، جریان قوی‌تر و عمق بیشتر آب سبب افزایش ظرفیت زیستی قفس‌ها می‌گردد، باید انجام پذیرد. البته این موضوع سبب افزایش قابل ملاحظه هزینه‌هایی تمام شده تولید آن می‌گردد. در ایران با توجه به نوع قفس‌های موجود که همگی در آب‌های نزدیک به ساحل احداث گردیده‌اند به نظر می‌رسد پروراندن سوکلا با مشکل جدی ناشی از کاهش شرایط کیفی آب مواجه خواهد

۹. منابع

References

- Ghorbanzadeh, R., Nazari, S., 1399. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries (in Persian).
- Benetti, D.D., Suarez, J., Camperio, J., Hoening, R.H., Tudela, C.E., Daugherty, Z., McGuigan, C.J., Mathur, S., Anchieta, L., Buchalla, Y., Alarcón, J., Marchetti, D., Fiorentino, J., Buchanan, J., Artiles, A., Stieglitz, J.D., 2021. A review on cobia, *Rachycentron canadum*, aquaculture. *Journal of World Aquaculture Society*, 52(3), 691-709.
- Bengtson, D.A., 2007. Status of Marine Aquaculture in Relation to Live Prey: Past, Present and Future, in: *Live Feeds in Marine Aquaculture*.
- BISBAL, G.A., Bengtson, D.A., 1995. Development of the digestive tract in larval summer flounder. *Journal of Fish Biology*, 47(2), 277-291.

- Dhert, P., Lavens, P., Sorgeloos, P., 1992. State of the Art of Asian Seabass *Lates calcarifer* Larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(4), 317–329.
- FAO, 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022.
- FAO, 2015a. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Sparus aurata*, Fisheries and Aquaculture Department.
- FAO, 2015b. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Lates calcarifer*, Fisheries and Aquaculture Department.
- Johannes, R.E., 1978. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes*, 3(1), 65–84.
- Kolkovski, S., Sakakura, Y., 2004. Yellowtail kingfish, from larvae to mature fish—problems and opportunities. Av. en Nutr. Acuicola VII 17.
- Kolkovski, S., 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles - Implications and applications to formulated diets. *Aquaculture*, 200(1-2), 181-201.
- Langdon, C., 2003. Microparticle types for delivering nutrients to marine fish larvae. *Aquaculture*, 227(1–4), 259–275.
- Lazo, J.P., Darias, M.J., Gisbert, E., 2011. Ontogeny of the Digestive Tract, in: Larval Fish Nutrition.
- Nhu, V.C., Dierckens, K., Nguyen, H.T., Hoang, T.M.T., Le, T.L., Tran, M.T., Nys, C., Sorgeloos, P., 2010. Effect of early co-feeding and different weaning diets on the performance of cobia (*Rachycentron canadum*) larvae and juveniles. *Aquaculture*, 305(1–4), 52–58.305
- Person-Le Ruyet, J.P., Alexander, J.C., Thebaud, L., Mugnier, C., 1993. Marine Fish Larvae Feeding: Formulated Diets or Live Prey? *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2), 211–224.
- Rønnestad, I., Thorsen, A., Finn, R.N., 1999. Fish larval nutrition: A review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture*, 177(1–4), 201–216.
- Salze, G., McLean, E., Schwarz, M.H., Craig, S.R., 2008. Dietary mannan oligosaccharide enhances salinity tolerance and gut development of larval cobia. *Aquaculture*, 274(1), 148–152.
- Shiozawa, S., Takeuchi, H., Hirokawa, J., 2003. Improved seed production techniques for the amberjack, *Seriola dumerili*. Saibai Giken 31: 11-18 (in Japanese)
- Sugama, K., Rimmer, M. a., Ismi, S., Koesharyani, I., Suwirya, K., Giri, N. a., Alava, V.R., 2012. Hatchery management of tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*): a best-practice manual', *Australian Centre for International Agricultural Research*, 129, p. 66.
- Yúfera, M., Pascual, E., Polo, A., Sarasquete, M.C., 1993. Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream (*Spams aurata* L.) larvae at first feeding. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 169(2), 259–272.
- Zambonino-Infante, J., Gisbert, E., Sarasquete, C., Navarro, I., Gutiérrez, J., Cahu, C., 2008. Ontogeny and Physiology of the Digestive System of Marine Fish Larvae. *Feeding and Digestive Functions in Fishes*, pp. 281–348.
- Zambonino Infante, J.L., Cahu, C.L., 2001. Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 130(4), 477–487.

