

تولید ماهیان آکواریومی رنگی با فن آوری زیستی انتقال ژن

شیرین جمشیدی^{۱*}، سمیرا ناظم‌رعایا^۲، مریم منصف‌شکری^۱

* s.jamshidi@abrii.ac.ir

- ۱- مؤسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
 ۲- پژوهشکه آبزی پروری جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، هوازن، ایران.

چکیده

در این مقاله سعی بر آن شده است تا در ابتدا اهمیت صنعت تولید ماهیان زینتی در دنیا و ایران مشخص گردد. به روش انتقال ژن اشاره می‌کند که توانایی تولید ماهیان آکواریومی با ویژگی‌های خاص را دارد. سپس انواع ژن‌ها و پیشبرهایی که ماهیان آکواریومی با رنگ‌های خاص را تولید می‌کنند مشخص می‌گردند. در نهایت ما پیشنهاد می‌کنیم که محققان از زیست‌فناوری انتقال ژن برای تولید ماهیان آکواریومی با ارزش زیبا و جذابتر بهره بگیرند، زیرا ماهیان آکواریومی برای مصرف خوراکی ندارند و پتانسیل تولید ماهیان زینتی با توجه به تنوع گونه‌ای ویژه وجود مراکز تکثیر و پرورش در کشور ایران وجود دارد.

کلمات کلیدی: ماهیان زینتی، مهندسی ژنتیک، انتقال ژن، تراریخته.

مقدمة

تایلند، ایالات متحده آمریکا، هلند، اندونزی و اسپانیا اشاره نمود. با وجود آنکه کشور ایران از یک سو امکانات مناسب و استعداد جغرافیایی برای پرورش ماهیان زینتی دارد و از سویی دیگر ماهیان آبهای داخلی با قابلیت اهلی‌سازی و بهبود صفات زننده در اختیار دارد، اما متساقنه از بازار ۲۰ میلیارد دلاری ماهیان آکواریومی در دنیا (ایستاده، ۱۳۹۳) هیچ سهمی را به خود اختصاص نداده است. لذا می‌توان روی صنعت پرورش آبزیان آکواریومی خصوصاً ماهیان با صفات قابل توجه، مثل رنگ سرمایه‌گذاری کرد. تعداد زیادی از ماهیان آبهای داخلی اهلی شده و به راحتی تکثیر و پرورش می‌شوند، اما این ماهیان صفات قابل توجه اندکی برای فروش دارند. بنابراین این امکان وجود دارد که با تغییر رنگ، بازار پسندی آنها را افزایش داد. برخی از گونه‌ها با تغذیه با برخی از جلبک‌ها و مواد غذایی خاص و هورمون تراپی تغییر رنگ می‌دهد (روزنامه جوان، ۱۳۹۱) که از طرف مشتری بیشتر مورد پسند واقع می‌شود و می‌توان این گونه را با قیمت‌هایی بسیار بالاتر به فروش رساند. این مواد همگی وارداتی هستند و برای خرید آنها ارز بسیاری از کشور خارج می‌شود. در صورت استفاده از تکنولوژی که بتواند به صورت ذاتی و زننده مهمنترین خصوصیت بازار پسند بودن ماهی را افزایش دهد، می‌توان وابستگی به این مواد را کاهش داد و گونه‌یا گونه‌هایی را با ویژگی‌های خاص به بازار معرفی کرد.

ماهیان ترا ریخته تولید شده در دنیا

تنها تولید دو ماهی تاریخته تأییدیه سازمان غذا و دارو ایالات متحده (FDA)^۵ را گرفته است، که یکی از آنها برای تغذیه انسان از خانواده آزاد ماهیان به نام «Aqua Advantage Salmon» است و دیگری ماهی گورخری (زبرا فیش)^۶ است که با سازه حاوی ژن «پیشبر»^۷ پروتئین عضلات اسکلتی و ژن «گزارشگر»^۸ حاوی پروتئین‌های فلورسنس تاریخته شده است و با نام تجاری «GloFish»^۹ شناخته می‌شود. این ماهی مصرف خوارکی ندارد. با توجه به مواردی که ذکر شد این ماهی، تاریخته از نظر زیبایی شناسی اهمیت زیادی دارد. اما

امهیان زینتی در ایران
در ایران آب‌های لب شور و شور دریا و آب‌های شیرین داخلی
مثل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، جویبارها و قنات‌ها حاوی منابع
عظیمی از آبزیان و ماهیان زینتی هستند. در خلیج فارس و
دریای عمان گونه‌هایی از خانوارده «شقایق ماهیان»^۱ وجود
دارند که برای استفاده زینتی در آکواریوم آب شور مناسب
می‌باشند. برخی از ماهیان آب‌های داخلی که برای نگهداری
در آکواریوم مناسب هستند به عنوان «حیوان خانگی»^۲ مطرح
می‌باشند. از این گروه می‌توان به راسته «کپور دندان داران»^۳
اشاره کرد. در سال‌های اخیر تجارت ماهیان آکواریومی رونق
زیادی پیدا کرده است. براساس مطالعات انجام گرفته در ایران
با تولید هر ۲۵ هزار قطعه ماهی زینتی می‌توان دست کم برای
یک نفر اشتغال زایی ایجاد کرد (اکبری، ۱۳۹۴). در سال
۱۳۹۰ در ایران ۱۱۰ میلیون قطعه ماهی زینتی تولید و بر
اساس آمار گمرک نزدیک به ۱۴/۵ میلیون قطعه ماهی زینتی
از مالزی، تایلند، اندونزی، سریلانکا، چین، کنیا، ترکیه، مالت
و تایوان وارد شده است. تولید ماهیان زینتی، صنعتی نوپا در
کشور است که با استقبال نیز مواجه شده و می‌تواند بستر
مناسبی برای ایجاد اشتغال و فعالیت‌های اقتصادی باشد. از
یک سو توانایی تکثیر نزدیک به ۷۰ گونه ماهی زینتی در ایران
وجود دارد، از سویی دیگر می‌توان با تولید این ماهیان در
داخل کشور و افزایش تمایل به خرید آن‌ها از راه زیباتر کردن
و افزایش کیفیت نسبت به محصولات وارداتی، این بازار را در
اختیار گرفت. همچنین علاوه بر استفاده از ماهیان آکواریومی
در بازار داخل کشور، می‌توان با صادرات آن‌ها به کشورهای
همسایه و حاشیه خلیج فارس، در اشتغال زایی و همچنین
صرفه‌جویی ارزی تغییر ایجاد کرد. طبق آخرین گزارش
سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)،^۴ کشور سنگاپور در سال
۲۰۰۹ با در دست داشتن سهم ۱۸/۴ درصدی از صادرات
ماهیان زینتی، رتبه اول صادرکنندگان این موجودات زیبا را در
اختیار دارد. از دیگر کشورهای مهم صادرکننده ماهیان زینتی
می‌توان به کشورهای زاین، مالزی، جمهوری چک، سریلانکا،

^o Food and Drug Administration

Danio rerio

V promoter

\hat{r} reporter

Pomacentridae

centridae
pet fish

cyprinodontiformes

Food and Agriculture Organization

پیشبر ژن کراتین به وجود آمده رنگ سبز را تنها در لایه ای از پوست نشان می‌دهد (Gong *et al.*, 2002)، اما لاینی از ماهی تاریخته که با پیشبر (mylz2) تولید شده بود علاوه بر نور ماورای بنفس با نور معمولی هم رنگ فلورسنس را در بافت عضله نشان داد (Ju *et al.*, 2003). با استفاده از فن-آوری بیان ژن پیشبر در بافت خاص، دانشمندان موفق شدند تا ماهیانی تاریخته با رنگ هایی قرمز و زرد ایجاد کنند (Gong *et al.*, 2003).

ماهی گورخری از اهمیت ویژه‌ای در مطالعات مدل زیست شناسی برخوردار است. این ماهی در خارج از بدن مادر به رشد جنبینی خود ادامه داده و نور به راحتی از آن عبور می‌کند و کاملاً شفاف است که این موضوع این امکان را فراهم می‌سازد تا مطالعه رشد و نمو جنبین راحت باشد. دوره تجدید نسل آن کوتاه و بین ۲-۳ ماه است که برای مطالعات ژنتیک کلاسیک مناسب است. از سال ۱۹۸۸ روی سازه‌هایی از DNA کار شده است که برای تاریخته کردن ماهی گورخری لازم می‌باشد. در همان سال برای اولین بار مشخص شد که در صورتیکه DNA به سیتوپلاسم تخم ماهی گورخری لقا یافته تزریق شود، قابلیت به ارث رسیدن در جانور را دارد. در سال ۱۹۹۱، مشخص شد که تنها ۲۰ درصد از ژرم لاین توانسته بودند که DNA انتقال داده شده را در ژنوم خود بپذیرند. با وجود اینکه انتقال ژن در این سالها در ماهی گورخری موفقیت آمیز بوده است اما ناسازگاری و عدم بیان ژن‌ها از مشکلات قابل اشاره این فعالیت بوده است (Nusslein-Volhard and Dahm, 2002).

از اولین باری که از پروتئین (GFP) برای تولید ماهی تاریخته رنگی استفاده شده است تا سال ۲۰۱۴ دانشمندان تقریباً ۲۰۰ گونه از آبزیان را شناسایی کردند که دارای فلورسنس طبیعی می‌باشند. رنگ‌ها از موجودات دریایی گرفته می‌شوند و یا با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک تولید می‌شوند. ژن مولد رنگ اولین بار از ژله ماهی و موجودات دریایی استحصال شده و با استفاده از تکنیک مهندسی ژنتیک و تغییر اسید آمینه‌های پروتئین مولد ژن رنگ، طیف‌های بسیار متنوعی از رنگ برای استفاده در زیست فن‌آوری تولید ماهی زبرا با رنگ‌های مختلف، ایجاد شده است. از منابع ژن‌های پروتئین‌های فلورسنس شامل GFP ژله ماهی (*Aequorea victoria*) و *Renilla reniformis* (GFP) بنفشه دریایی (Renilla reniformis) به عنوان ژن گزارشگر و

مهمتر آن است که این ماهی نشان‌دهنده مدل تولید شده توسط زیست فن‌آوری آبزیان است و مدل موفقی است که نشان‌دهنده تغییرات ژنتیکی صفتی است که در جانور ایجاد شده است. اولین بار ماهی زبرا تاریخته رنگی تولید شد، اما بعد از آن ماهیان آکواریومی دیگر مثل تترا از جنس *Gymnocorymbus* sp.، ماهی بارب ببری آکواریومی *Pterophyllum scalare* (Puntius tetrazona) با استفاده از ژنهای مولد رنگ، تاریخته رنگی شده‌اند (Chen *et al.*, 2015).

چگونگی تولید ماهی آکواریومی رنگی

برای تولید ماهی تاریخته رنگی از ژن پروتئین مولد رنگ سبز (GFP) که اولین بار از ژله‌ماهی گرفته شده استفاده شده است. گفتنی است که نوع خاصی از (GFP) که بتوان با چشم غیرمسلح آن را دید وجود ندارد اما دیده شدن رنگ فلورسنس در عضلات اسکلتی ماهی آکواریومی کاملاً به قدرت فوق العاده پیشبر (عضله یا پوست) مربوط می‌باشد که می‌تواند این رنگ را به میزان سه تا پنج برابر در بافت عضله و یا پوست بیان کرده و مثل یک بیوراکتور عمل کند (Gong *et al.*, 2003).

تجاری کردن این گروه از ماهیان مشکل بوده است و یک گروه از دانشمندان در تایوان و سنگاپور مبادرت به تاریخته کردن ماهیان آکواریومی از سال ۱۹۹۵ کردند. اولین ایده برای تاریخته کردن ماهی زمانی قوت گرفت که از دو پیشبری فقط در بافت‌های ویژه بیان می‌شوند، استفاده شد. این دو پیشبر یکی در بافت پوست و دیگری در بافت عضله بیان می‌شوند.

برای اولین بار گروه سنگاپوری، پیشبری که فقط در بافت پوست بیان می‌شود را از ژن (keratin) و پیشبری که فقط در بافت عضله بیان می‌شود را از ژن (mylz2) جدا کردند. این گروه سپس این ژن‌ها را به عنوان پیشبر با ژن گزارشگر (GFP) در یک (سازه) قرار داده و با موفقیت ماهی زبرا فیش فیش کایمر (جانداری که حاوی سلول‌هایی با ژنتیک متفاوت است) تولید کردند. پروتئین (GFP) در هر دو لاین تولید شده با دو پیشبر پوست و عضله دیده شد. لاین ماهی تاریخته‌ای که با پروتئین (GFP) به عنوان ژن گزارشگر و

^۱ Green fluoresce protein construct

از ژن‌های گزارشگر متفاوتی استفاده شده است از آن جمله می‌توان به (lac Z) و (GFP) و کلرآمینکل استیل ترانسفراز (CAT)^۳ اشاره کرد. از مشکلات استفاده از ژن‌های پیشبرهای دیگر غیر از خود جانور، عدم هماهنگی آن‌ها می‌باشد که باعث می‌شود بیان ژن انتقال داده شده به جانور به حالت (خاموش)^۴ یا حالت (متنوع)^۵ باشد یا اصلاً بیان ژنی دیده نشود (Chen *et al.*, 2015).



شکل ۲: ماهی آکواریومی آنجل تولید شده توسط محققان تایوانی با استفاده از پیشبر ویروسی

با استفاده از این تکنولوژی در ماهی مداداکا هم ژن‌های فلورسنس با رنگ‌های متفاوت کلون شدند که این ماهیان را با چشم غیرمسلح هم می‌توان دید. با انتقال ژن فلورسنس نوعی از مرجان‌های دریایی با پرومومتر (mylz2)، لاینی از ماهی مداداکا تاریخته‌ای را ایجاد شده است که رنگ سبز روشن تری دارد (شکل ۳) (Zeng *et al.*, 2005).



شکل ۳: ماهی آکواریومی مداداکا با استفاده از پیشبر mylz2

(Molded Red قرمز) از مرجان قارچی (*reniformis* *Entacmaea* sp.) شقایق دریایی (*Montipora efflorescens*)، مرجان سنگی (*Anemonia sulcata*) را می‌توان برشمرد که حاوی رنگ‌های زیبایی می‌باشند (Chiang *et al.*, 2014). برای اینکه رنگ‌های متنوع بیشتری ایجاد گردد، چنانچه دو لاین ماهی گورخری حاوی پیشبر (mylz2) و پروتئین (GFP) و (RFP) با هم تلاقی داده شود، نسل حاصل رنگ نارنجی فلورسنس دارد. با مخلوط کردن عصاره استخراج شده عضله دو ماهی با عضلات فلورسنس قرمز و سبز، رنگ‌های فلورسنسی بینابینی از سبز، زرد، نارنجی تا قرمز دیده می‌شود (شکل ۱) (Wan *et al.*, 2002). بنابراین هیچ محدودیتی از نظر تولید رنگ ماهی تاریخته وجود نخواهد داشت. می‌توان دو رنگ را با استفاده از پیشبرهایی که قدرت تولید رنگ فلورسنس متفاوتی دارند با نسبت‌های متفاوت با هم مخلوط کرد.



شکل ۱: گورخرمایی تاریخته تولید شده با استفاده از ژن GFP و رنگ‌های تولید شده با استفاده از مهندسی ژنتیک و تغییر اسیدآمینه‌های پروتئین مولد ژن رنگ

در صنعت تولید ماهیان رنگی از پیشبرهای بسیار متنوع دیگری نیز استفاده شده است. یکی از آنها پیشبر ویروسی (sv40)^۶ یا (RSV)^۷ می‌باشد (شکل ۲) (Chen *et al.*, 2015). از دیگر پیشبرهای مورد استفاده (xenopus variegated)

^۳ heat shock protein
^۴ Chloramphenicol acetyltransferase
^۵ silent
^۶ variegated

^۷ simian vacuolating virus 40 or simian virus 40
Rous sarcoma virus

محصولی تولید نشده است. اما از آنجایی که در دهه اخیر دانش انتقال ژن در گیاهان در کشور ما بومی‌سازی شده است و امکان تهیه ماهی تاریخته نیز وجود دارد. همچنین از مطالعات صورت گرفته در سراسر دنیا چنین بر می‌آید که انتقال ژن‌های مختلف به ماهیان آکواریومی با موفقیت همراه بوده است. هرچند که استفاده از موجودات تاریخته در آبزی پروری بحث برانگیز است، اما کوتاه‌ترین و مؤثرترین راه برای ایجاد ماهیان با ویژگی‌های خاص مانند رنگ‌های خاص استفاده از روش انتقال ژن می‌باشد بنابراین با وجود بستر مناسب، به پژوهشگران توصیه می‌شود با توجه به اولویت‌های آبزی پروری بر شناسایی و امکان انتقال ژن‌های مختلف کارکردی در ماهیان آکواریومی تمرکز داشته باشند.

منابع

- اکبری، ح. ۱۳۹۴. آمار تولید ماهیان زینتی استان مرکزی. مدیر شیلات و امور آبزیان سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی. ۱۲ ص.
- ایسنا (خبرگزاری دانشجویان ایران)، ۲۲ دیماه ۱۳۹۳. تجارت ۲۰ میلیارد دلاری ماهیان زینتی در جهان. کد خبر ۹۳۱۰۲۲۱۲۱۴۱ .(<https://www.isna.ir>)
- روزنامه جوان (ضمیمه هفتگی جوانی)، ۹ دیماه ۱۳۹۱. کار من رنگ کردن است رنگی کردن ماهی‌ها (گفتگو با فرشاد کوشیار - جوان برگزیده استان قزوین و تولید کننده عمدۀ ماهیان زینتی). شماره ۳۸۶۷. ۱۱ ص.
- Chen, T.T., Lin, C.M., Chen, M.J., Lo, J.H., Chiou, P.P., Gong, H.Y., Wu, J.L., Chen, M.H.C. and Yarish, C., 2015. Transgenic Technology in Marine Organisms, in: S.-K. Kim (Ed.), Springer Handbook of Marine Biotechnology. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 387-412.
- Chiang, C.Y., Chen, Y.L. and Tsai, H.J., 2014. Different visible colors and green fluorescence were obtained from the mutated purple chromoprotein isolated

سازه حاوی ژن پرومومتر (mylz2) ماهی گورخری را همراه با ژن گزارشگر (RFP) به ماهی تترا (*Gymnocrorymbus ternetzi*) در ژرم لاین هشت سلوی این ماهی انتقال داده شده اما میزان بیان به جهت اینکه انتقال سازه در زمان هشت سلوی انجام شده است به صورت پخش در بافت عضله بوده است (Pan et al., 2008). امروزه ماهی تترا و ماهی گورخری و ماهی بارب ببری (*Puntius tetrazona*) به شکل تاریخته تولید شده است.

در ماهی آکواریومی سیچلاید (*Archocentrus nigrofasciatus*) با استفاده از پیشبر ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) و ژن گزارشگر پروتئین فلورسنس قرمز مرجان تایوانی می‌توان در نسل F1 به ماهیان آکواریومی صورتی زیبای خوشنگ دست یافت (شکل ۴) (Lin et al., 2014).



شکل ۴: ماهیان سیچلاید نسل F1 با رنگ قرمز تایوانی

چنانچه مشخص گردید، در خارج از کشور فعالیت‌های بسیاری در زمینه تاریخته کردن ماهی انجام شده است و مطالعات انتقال ژن در اواسط دهه هشتاد با استفاده از روش میکرواینژکشن آغاز شده است (Zhu et al., 1985). در ایران سابقه ای مبنی بر تولید ماهی تاریخته وجود ندارد و

- from sea anemone. Mar. Biotechnol. 16, 436- 446.
- Gong, Z., Ju, B., Wang, X., He, J., Wan, H., Sudha, P.M. and Yan, T., 2002.** Green fluorescent protein expression in germ-line transmitted transgenic zebrafish under a stratified epithelial promoter from Keratin8. Developmental Dynamics. 223, 204-215.
- Gong, Z., Wan, H., Tay, T.L., Wang, H., Chen, M. and Yan, T., 2003.** Development of transgenic fish for ornamental and bioreactor by strong expression of fluorescent proteins in the skeletal muscle. Biochemical and Biophysical Research Communications. 308, 58-63.
- Ju, B., Chong, S.W., He, J., Wang, X., Xu, Y., Wan, H., Tong, Y., Yan, T., Korzh, V. and Gong, Z., 2003.** Recapitulation of fast skeletal muscle development in zebrafish by transgenic expression of GFP under the mylz2 promoter. Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists. 227, 14-26.
- Lin, Y.H., Peng, K.C., Pan, C.Y., Wen, Z.H. and Chen, J.Y., 2014.** Expression characterization and promoter activity analysis of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) myosin light chain 3 promoter in skeletal muscle of fish. Transgenic Research. 23, 125-134.
- Nusslein-Volhard, C. and Dahm, R., 2002.** Zebrafish. Oxford University Press, United States. 120 P.
- Pan, X., Zhan, H. and Gong, Z., 2008.** Ornamental expression of red fluorescent protein in transgenic founders of white skirt tetra (*Gymnophorus ternetzi*). Mar. Biotechnol. 10, 497-501.
- Wan, H., He, J., Ju, B., Yan, T., Lam, T.J. and Gong, Z., 2002.** Generation of two-color transgenic zebrafish using the green and red fluorescent protein reporter genes gfp and rfp. Mar. Biotechnol. 4, 146-154.
- Zeng, Z., Liu, X., Seebah, S. and Gong, Z., 2005.** Faithful expression of living color reporter genes in transgenic medaka under two tissue-specific zebrafish promoters. Developmental Dynamics. 234, 387-392.
- Zhu, Z., He, L. and Chen, S., 1985.** Novel gene transfer into the fertilized eggs of gold fish (*Carassius auratus* L. 1758). Journal of Applied Ichthyology. 1, 31-34.

Producing colorful aquarium fish by gene transfer biotechnology

Jamshidi Sh.^{1*}; Nazemroaya S.²; Monsef Shokri M.¹

* s.jamshidi@abrii.ac.ir

1-International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

2-Aquaculture Research Center-South of Iran. Iran Fisheries Science Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran

Abstract

In this article, it tries to highlight the importance of the ornamental fish species industry in the world and Iran. It implicates the gene transfer method being able to produce aquarium fish species possessing special characteristics. Then, a variety of genes and promoters which can create colorful aquarium fish are defined. Finally, we recommend that researchers use the gene transfer biotechnology to produce worth and more attractive aquarium fish species because the ornamental fish are not for food purpose and the potential of producing ornamental fish is present due to species diversity and breeding center in Iran.

Keywords: Ornamental fish, Genetic engineering, Gene transfer, Transgenic.