Review Article

Phenotypic and Genotypic Characteristics of Discus Fishes (*Symphysodon* spp.)

Manaffar R.[1*]; Roshandel R.[1]

*r.manaffar@urmia.ac.ir

1-Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

The discus fish (*Symphysodon* spp.) is one of the most valuable ornamental freshwater species due to its vibrant coloration, disc-shaped body, and complex social behavior, which have earned it a prominent position in the global aquarium industry. The phenotypic diversity observed in this species is influenced not only by genetic variation but also by environmental factors such as temperature, water quality, and diet, contributing to significant phenotypic plasticity.

To better understand this diversity, genetic studies using molecular markers such as mitochondrial DNA (COI, Cytb), SSR, and AFLP are essential, as they facilitate identification of commercial strains and assessment of population structure. Previous research has shown that integrating genetic and phenotypic data provides a comprehensive framework for selective breeding and conservation of genetic diversity.

This review examines phenotypic traits, including coloration, body patterning, and parental care behavior, followed by an overview of common molecular techniques used to determine genetic structure and identify strains. The final section addresses risks associated with inbreeding in closed populations without introduction of external genetic material, which may lead to reduced diversity, increased homozygosity, and genetic disorders. Finally, the potential for hybridization with other cichlid species and strategies for managing cultured populations to maintain genetic health are discussed.

Keywords: Discus Fish; *Symphysodon* spp.; Genotype; Ornamental Fish; Phenotype

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

CC BY

مقاله مروری:

ویژگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی ماهیان دیسکس (*Symphysodon* spp.)

رامین مناف فر*[۱]، رضا روشندل[۱]

*r.manaffar@urmia.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۴

چکیده

ماهی دیسکس (*Symphysodon* spp.) یکی از باارزش‌ترین گونه‌های آب شیرین زینتی است که به دلیل رنگ‌های زنده، بدن دیسکی‌شکل و رفتار اجتماعی پیچیده، جایگاه برجسته‌ای در صنعت جهانی آکواریوم پیدا کرده است. تنوع فنوتیپی مشاهده شده در این گونه، تنها ناشی از تغییرات ژنتیکی نیست، بلکه عوامل محیطی مانند دما، کیفیت آب و رژیم غذایی نیز نقش دارند و باعث انعطاف‌پذیری فنوتیپی قابل توجهی می‌شوند.

برای درک بهتر این تنوع، مطالعات ژنتیکی با استفاده از نشانگرهای مولکولی مانند DNA میتوکندریایی (COI, Cytb)، SSR و AFLP ضروری هستند، زیرا شناسایی و تفکیک نژادهای تجاری و ارزیابی ساختار جمعیت را تسهیل می‌کنند. تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های ژنتیکی و فنوتیپی، چارچوب جامعی برای پرورش انتخابی و حفظ تنوع ژنتیکی فراهم می‌کند.

این مقاله مروری ابتدا به بررسی ویژگی‌های فنوتیپی، از جمله رنگ‌بندی، الگوهای بدنی و رفتار مراقبت والدینی می‌پردازد و سپس مرور کوتاهی بر تکنیک‌های مولکولی رایج جهت تعیین ساختار ژنتیکی و شناسایی نژادها ارائه می‌دهد. بخش پایانی به خطرات مرتبط با آمیزش داخلی در جمعیت‌های بسته بدون ورود ژن‌های خارجی می‌پردازد که ممکن است منجر به کاهش تنوع، افزایش هموزیگوتی و اختلالات ژنتیکی شود. در نهایت، پتانسیل هیبریداسیون با سایر گونه‌های سیکلید و استراتژی‌های مدیریت جمعیت‌های پرورشی برای حفظ سلامت ژنتیکی مورد بحث قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: دیسکس، *Symphysodon* spp.، ژنوتیپ، ماهی زینتی، فنوتیپ

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

مقدمه

صنعت ماهیان زینتی در دهه‌های اخیر به یکی از بخش‌های پررونق تجارت جهانی آبزی‌پروری تبدیل شده است (Gonçalves *et al*., 2021). این صنعت نه‌تنها نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولیدکننده دارد بلکه به عنوان ابزاری برای توسعه پایدار، اشتغال‌زایی و ارتقاء فرهنگ نگهداری از حیوانات خانگی نیز شناخته می‌شود (Salehi and Faizbakhsh, 2021). تا سال ۲۰۲۵، بیش از ۱۲۵ کشور در زمینه تولید و صادرات ماهیان زینتی فعال هستند. کشورهای پیشرو مانند سنگاپور، مالزی، تایلند، اندونزی و چین سهم عمده‌ای از بازار جهانی را در اختیار دارند (Salehi and Faizbakhsh, 2021). هم اکنون ارزش بازار جهانی ماهیان زینتی به میلیاردها دلار رسیده و تقاضا برای گونه‌های خاص و نادر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (Gonçalves *et al*., 2021). رشد فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های تصفیه هوشمند، اصلاح نژاد ژنتیکی، و تجارت آنلاین، موجب گسترش سریع‌تر این صنعت شده است (FAO, 2022). ایران با بیش از ۲۰۰ گونه ماهی بومی و اکوسیستم‌های آبی متنوع (شور، شیرین و لب شور) ، ظرفیت بالایی برای توسعه این صنعت دارد (Nahavandi *et al*., 2025). طبق مطالعات اخیر، توانمندی ایران در تجارت ماهیان زینتی حدود ۳۴/۲۸٪ برآورد شده که نشان‌دهنده پتانسیل قابل توجه اما نیازمند توسعه است (Salehi and Faizbakhsh, 2021). صادرات ماهیان زینتی ایران عمدتاً به کشورهای همسایه و آسیایی انجام می‌شود و در سال‌های اخیر رشد قابل‌توجهی داشته است (Khiabani and Esteghlalian, 2021). اما همچنان چالش‌هایی مانند فقدان مواردی از جمله غذای زنده ارزان قیمت و مناسب، زیرساخت‌های صادراتی، ضعف در برندینگ بین‌المللی و کمبود مراکز تخصصی همچنان مانع رشد سریع‌تر این صنعت هستند. به‌علاوه، برنامه‌های استراتژیک کوتاه‌مدت و بلندمدت شامل بهبود وضعیت اتحادیه‌ها، ارتقاء فناوری و رقابت‌پذیری جهانی، در حال تدوین و اجرا هستند (Salehi and Faizbakhsh, 2021). البته معرفی غذاهای زنده جدید با ارزش غذایی بالا در حوزه آبزیان می‌تواند نطقه عطفی ترقی این صنعت در دنیا و ایران باشد (Hooti and Manaffar, 2023). این مرور نشان می‌دهد که ماهیان زینتی نه‌تنها از نظر زیبایی‌شناسی بلکه از منظر اقتصادی و فرهنگی، جایگاه مهمی در تجارت جهانی و منطقه‌ای دارند (Gonçalves *et al*., 2021).

در این بازار پر منفعت ماهی دیسکس از تیره Cichlidae و بومی حوضه رودخانه‌های آمازون است که به‌واسطه زیبایی کم‌نظیر و رفتارهای جفت‌گیری تخصصی، مورد توجه آکواریوم‌داران قرار گرفته است. در چند دهه اخیر، پرورش این گونه در کشورهای آسیایی گسترش یافته است و نمونه‌های متعددی با فنوتیپ‌های گوناگون همچون Red Melon و Blue Diamond توسعه یافته‌اند. شناخت دقیق مشخصه‌های فنوتیپی و ژنوتیپی برای طراحی برنامه‌های اصلاح‌نژاد علمی و جلوگیری از کاهش تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های تجاری ضروری است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که تغییرات ناخواسته فنوتیپی ممکن است ناشی از ترکیب هم‌خونی و فقدان نمایندگان ژنتیکی بومی باشد. بنابراین، بررسی ساختار جمعیتی و ورود نمونه‌های خارجی می‌تواند به بهبود سلامت ژنتیکی کمک کند.

معرفی ماهی دیسکس از نظر اکولوژیک و فیلوژنیک

ماهی دیسکس (*Symphysodon* spp.) یکی از گونه‌های برجسته در خانواده Cichlidae است که به دلیل زیبایی ظاهری، رفتار اجتماعی و اهمیت تجاری در صنعت آبزی‌پروری زینتی، مورد توجه گسترده قرار گرفته است. بررسی این گونه از منظر اکولوژیک و فیلوژنیک، درک عمیق‌تری از جایگاه زیستی و تکاملی آن فراهم می‌سازد. زیستگاه طبیعی دیسکس‌ها بومی حوضه آمازون در آمریکای جنوبی هستند به‌ویژه در رودخانه‌های آرام، گرم و اسیدی (ریو نگرو و ریو سولیموس). آنها در مناطق با پوشش گیاهی متراکم و جریان کم زندگی می‌کنند که شرایط مناسبی برای تخم‌ریزی و مراقبت والدین فراهم می‌سازد. این ماهیان رفتار اجتماعی و قلمروطلب دارند و معمولاً به صورت جفت یا گروه‌های کوچک دیده می‌شوند. والدین نقش فعالی در مراقبت از تخم‌ها و لاروها به‌ویژه از طریق ترشح موکوس تغذیه‌ای از سطح بدن، ایفاء می‌کنند. دمای مناسب برای دیسکس‌ها ۳۱-۲۸ درجه سانتی‌گراد، pH= ۵/۵-۵/۶ و سختی آب بسیار پایین است. حساسیت بالا به تغییرات محیطی، آنها را به گونه‌ای نیازمند مدیریت دقیق در آکواریوم تبدیل کرده است (Ng *et al*., 2023; Slideshare, 2023).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

از دیدگاه فیلوژنیک دیسکس‌ها در جنس *Symphysodon* قرار دارند که شامل سه گونه اصلی *S. aequifasciatus, S. discus* و *S. tarzoo* است. مطالعات مولکولی با استفاده از ژن‌های میتوکندریایی مانند *COI* و *Cyt b* و ژن هسته‌ای *RAG1* نشان داده‌اند که این گونه‌ها دارای تفاوت‌های ژنتیکی قابل‌توجهی هستند، هرچند برخی فنوتیپ‌های مشابه ممکن است از ریشه‌های ژنتیکی متفاوتی برخوردار باشند (Rahmati-Holasoo *et al*., 2024).

تنوع فنوتیپی در ماهی دیسکس

ماهی دیسکس طیف وسیعی از ویژگی‌های بصری را نشان می‌دهد که با تنوع طبیعی در حوضه آمازون و دهه‌ها پرورش انتخابی در اسارت شکل گرفته است. دودمان‌های اهلی شده اکنون ده‌ها گونه متمایز را نشان می‌دهند که از نظر رنگ، الگو، فرم بدن و مورفولوژی باله متفاوت هستند و ارزیابی فنوتیپ را به سنگ بنایی برای علاقه‌مندان و تولیدکنندگان تجاری تبدیل می‌کنند (Ng *et al.*, 2023). رنگ پایه بدن این ماهیان شامل طیف‌های قرمز، آبی، قهوه‌ای و سفید می‌باشد. الگوهای سطح بدن مانند نوارهای نقطه‌چین و خطوط عرضی است. فرم دیسکی‌شکل و نسبت استاندارد طول به عرض بدن از ویژگی‌های بارز این جنس است.

نشانه‌های ثانویه بدنی شامل خطوط استرس عمودی یا افقی؛ نوارهایی با ضخامت‌های مختلف؛ لکه‌های نامنظم؛ کک و مک "پلنگی" است. ویژگی‌های کلیدی ریخت‌شناسی این ماهیان شامل نیمرخ بدن به شکل دیسکس با نسبت طول به ارتفاع استاندارد "ناحیه "D متمایز بین منشأ چشم و پشت است. در این جنس انواع پیشانی به شکل محدب، مستقیم یا شیب‌دار دیده می‌شود. لبه‌های صفحه آبششی و رنگدانه‌های حلقه چشم هست. اما شکل باله‌ها به این شکل است که باله‌های پشتی و مقعدی گرد در مقابل نوک‌تیز دیده می‌شود. گونه‌های اهلی‌شده به طور رسمی بر اساس رنگ پایه اصلی و ویژگی‌های ثانویه منحصربه‌فرد آنها طبقه‌بندی می‌شوند. برای مثال، "قرمز آتشین" یک پایه قرمز یکدست را نشان می‌دهد درحالی‌که "آبی کبالت" یک پس‌زمینه آبی روشن را با نوارهای رنگین‌کمانی کم‌رنگ ترکیب می‌کند. گونه‌هایی مانند "سفید برفی"، "آلبینو"، "قرمز آتشین" و "پلنگی" تأکید می‌کنند که چگونه پرورش‌دهندگان از شدت رنگ و تنوع الگو برای ایجاد فنوتیپ‌های جدید استفاده می‌کنند (Bleher, 2006; Kohli andTandon, 2018).

تحقیقات فنوتیپی معمولاً با استفاده از اندازه‌گیری‌های مورفومتریک دیجیتال و تحلیل‌های آماری چندمتغیره انجام می‌شوند تا تفاوت‌های ظاهری بین نژادها به‌دقت تعیین شوند. مثال‌های متعددی در خصوص استفاده موفق از تجزیه‌وتحلیل‌های Multivariate مانند PCA[1] و DA[2] در موجودات مختلف در این خصوص وجود دارد که می‌تواند با موفقیت در مورد این ماهی مورد استفاده قرار گیرد (Manaffar, 2012; Mohebbi *et al*., 2015) (شکل ۱).

انعطاف‌پذیری و ناهنجاری‌های فنوتیپی

عوامل محیطی مانند شیمی آب، دما، رژیم نوری و تغذیه می‌توانند بیان سلول‌های رنگدانه را تعدیل کنند و بر شکل بدن تأثیر بگذارند. شرایط نامطلوب اغلب منجر به ناهنجاری‌های کاهش‌دهنده ارزش انحنای ستون فقرات، بریدگی باله و محو شدن رنگ می‌شود و اهمیت پروتکل‌های پرورش استاندارد را برای حفظ فنوتیپ‌های مطلوب برجسته می‌کند (Bleher, 2006; Kohli and Tandon, 2018).

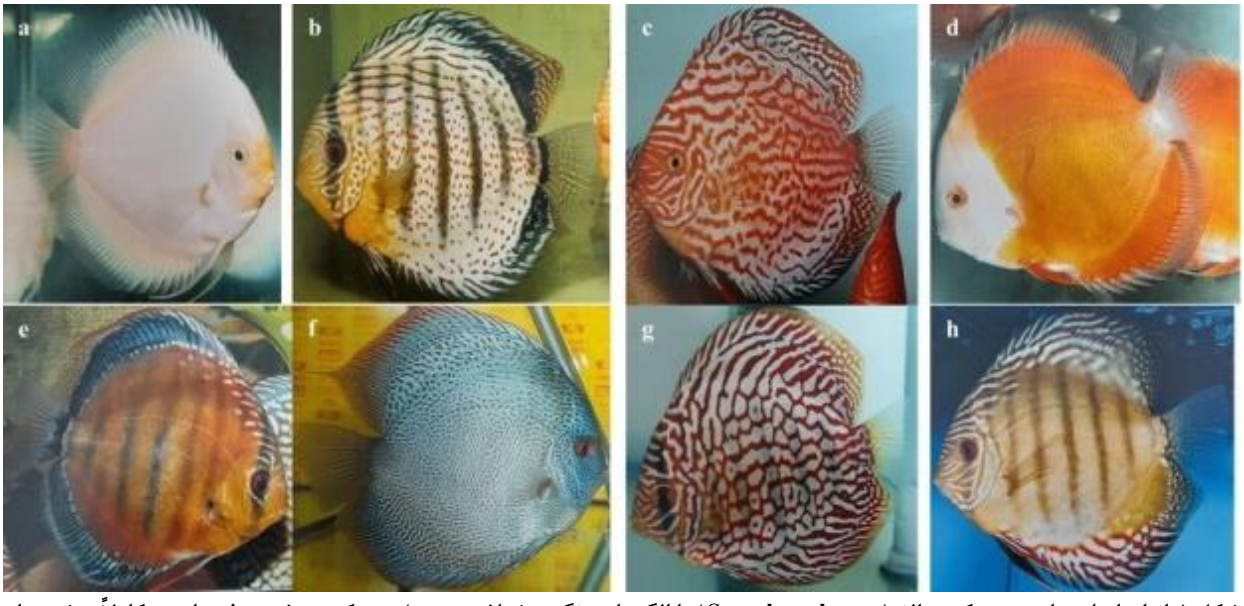
تنوع ژنتیکی در ماهی دیسکس

تنوع ژنتیکی ماهی دیسکس در درجه اول از طریق نشانگرهای DNAمیتوکندریایی - زیر واحد I سیتوکروم C اکسیداز (COI)و سیتوکروم - b (Cyt b) در کنار نشانگرهای هسته‌ای مانند ژن فعال‌کننده نوترکیبی ۱ (RAG1) بررسی شده است (Dudu *et al*., 2015; Elyasigorji *et al*., 2023). این نشانگرها روابط بین گونه‌ای و درون گونه‌ای را آشکار می‌کنند و پایه‌ای برای برنامه‌های اصلاح نژاد و تلاش‌های حفاظتی ارائه می‌دهند (Dudu *et al*., 2015). جمعیت‌های دیسکس وحشی شامل چهار مورفوتیپ شناخته شده سبز، هکل (با سه نوار تیره عمودی-Heckel)، آبی و قهوه‌ای هستند که درجات مختلفی از تمایز ژنتیکی را نشان می‌دهند. دیسکس سبز از نظر ژنتیکی متمایزترین است و واگرایی نوکلئوتیدی ۰/۶۵-۰/۵۶٪ را از سایر اشکال وحشی نشان می‌دهد درحالی‌که دیسکس‌های هکل، آبی و قهوه‌ای از نزدیک با هم مرتبط هستند (واگرایی ۰/۲۲-۰/۰۳٪) و در درختان فیلوژنتیک، کلادهای قویاً پشتیبانی شده (بیش از ۷۷٪ بوت‌استرپ) را تشکیل می‌دهند. در دهه‌های اخیر،

[1] Principal component analysis (PCA)
[2] Discriminant Analysis (DA)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

اصلاح‌نژاد تجاری منجر به ظهور نژادهای متنوعی مانند Leopard، Albino، Snake Skin و Golden شده است. این نژادها اغلب حاصل هیبریدگیری درون‌گونه‌ای هستند که ویژگی‌های فنوتیپی مطلوب را ترکیب می‌کنند، اما ممکن است تنوع ژنتیکی را کاهش دهند. در میان گونه‌های اهلی‌شده، چندین گونه مهم تجاری (بلو دایموند، گوست، طلایی، سفید برفی، آلبینو رد کاور، رد اسنیک اسکین و لئوپارد) به طور تنگاتنگی با گونه‌های وحشی هکل، آبی و قهوه‌ای قرار می‌گیرند که نشان می‌دهد این جمعیت‌های وحشی منشأ ژنتیکی اصلی آنها هستند (Chao and Tlusty, 2010).



شکل ۱: انواع اصلی ماهی دیسکس بالغ (*Symphysodon sp.*) با الگوهای رنگی مختلف بدن. a) دیسکس سفید برفی با بدن کاملاً پوشیده از سفید. b) دیسکس کلاسیک سبز خالدار با نوارهای عمودی مایل به خاکستری، لکه‌های نقطه‌ای نارنجی و نوارهای موج‌دار پشتی با زمینه سفید. c) دیسکس خون کبوتری با نوارهای نارنجی موج‌دار عمودی پشتی در بالای زمینه سفید. d) دیسکس نارنگی طلایی با تمام تنه پوشیده از رنگ زمینه طلایی، سر سفید با باله‌های شفاف. e) دیسکس قرمز آلنکر با نوارهای عمودی مایل به خاکستری، نوارهای آبی-سفید بالای خط جانبی در بالای رنگ زمینه نارنجی. f) دیسکس پوست ماری آبی با تمام بدن پوشیده از نشانه‌های فضایی مایل به خاکستری با زمینه آبی رنگین‌کمانی. g) دیسکس شطرنجی با بدن پوشیده از نوارهای موج‌دار قرمز، نوارهای عمودی مایل به خاکستری در بالای رنگ زمینه سفید. h) دیسکس قهوه‌ای وحشی با نوارهای عمودی مایل به خاکستری و رنگ زمینه قهوه‌ای و باله‌هایی با نوارهای موج‌دار قرمز. تصاویر از کاتالوگ دیسکس (۲۰۰۴) تهیه شده در شرکت Aquacity Tropical Sdn. Bhd، بازیابی شده‌اند.

در مقابل، قرمز آتشین یک دودمان جداگانه تشکیل می‌دهد که نشان‌دهنده تلاقی تاریخی با یک والد از نظر ژنتیکی دور است و به‌نظر می‌رسد، رز قرمز جهشی مشتق شده از دیسکس قهوه‌ای باشد (Tian *et al*., 2021). این الگوها هم انعطاف‌پذیری دیسکس را برای تولید فنوتیپ‌های متنوع و خطرات طبقه‌بندی نادرست در مزارع پرورش ماهی برجسته می‌کنند (Chao and Tlusty, 2010). با وجود تفاوت‌های چشمگیر در رنگ‌آمیزی و الگوسازی، بسیاری از گونه‌های اهلی‌شده همگنی ژنتیکی بالایی را نشان می‌دهند (Tian *et al*., 2021). این پارادوکس به انعطاف‌پذیری فنوتیپی تطبیقی اشاره دارد جایی‌که ژنوتیپ‌های یکسان یا تقریباً یکسان می‌توانند تحت تأثیرات مختلف محیطی یا اپی‌ژنتیکی، ظاهرهای متمایزی ایجاد کنند (Koh *et al*., 1999).

تحقیقات همچنین نشان می‌دهد که پرورش انتخابی، ویژگی‌های بصری را بدون افزایش متناسب تنوع ژنتیکی زمینه‌ای، تشدید کرده است. مطالعات تکمیلی با استفاده از تکنیک‌هایی مانند AFLPو RAPD پروفایلینگ ریزماهواره (SSR) این یافته‌ها را تأیید می‌کنند و سطوح متوسطی از تنوع درون‌سویه‌ای اما تمایز واضح بین دودمان‌های اصلی را آشکار می‌سازند (Tian *et al*., 2021). درخواست‌های اخیر برای ادغام تجزیه و تحلیل‌های

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

SNPرونوشت‌برداری و ژنومی با هدف کشف ژن‌های عملکردی و مسیرهای مسئول توسعه رنگدانه و صفات پاسخ به استرس، در نتیجه اصلاح استراتژی‌های اصلاح نژادی انتخابی و افزایش مقاومت به بیماری در جمعیت‌های کشت‌شده انجام شده است (Discus.com, 2023). تحقیقات نشان داده است که شناخت روابط تکاملی بین گونه‌ها و نژادهای دیسکس برای جلوگیری از هم‌خونی، حفظ تنوع ژنتیکی و طراحی برنامه‌های اصلاح‌نژاد پایدار ضروری است. استفاده از مارکرهای مولکولی در این زمینه نقش کلیدی دارد.

به طور کلی، تنوع ژنتیکی محدود در بین بسیاری از سویه‌های دیسکس اهلی، نیاز به گنجاندن مولدین وحشی در برنامه‌های اصلاح نژادی را برجسته می‌کند (Koh *et al*., 1999). حفظ جریان ژن از جمعیت‌های وحشی متمایز ژنتیکی می‌تواند با رکود همخونی مقابله کرده، پتانسیل سازگاری را حفظ کرده و پایداری طولانی‌مدت آبزی‌پروری دیسکس را تضمین کند (Tian *et al*., 2021). تلاش‌های آینده با استفاده از توالی‌یابی کل ژنوم و آرایه‌های SNP با چگالی و دقت بالا، مدیریت دقیق‌تر منابع ژنتیکی را امکان‌پذیر کرده و از توسعه گونه‌های قوی و با ارزش بالای دیسکس پشتیبانی می‌کند (Discus.com, 2023). مطالعات اخیر رونویسی پوست، نقشه‌برداری از پایه‌های ژنتیکی توزیع رنگدانه را آغاز کرده‌اند (Baxter *et al*., 2019). بیان متفاوت ژن‌های مرتبط با ملانین (WNT2 و ERBB4) در مناطق نوار تیره در مقابل ژن‌های مسیر کاروتنوئید (PLIN2 و RETSAT) لکه‌های نارنجی، یک چارچوب مولکولی برای درک چگونگی توسعه و تکامل الگوهای خاص تحت فشارهای اصلاح نژاد انتخابی ارائه می‌دهد (Baxter *et al*., 2019; Tian *et al*., 2021).

درک و استانداردسازی این صفات فنوتیپی برای برنامه‌های اصلاح نژاد موفق، شناسایی دقیق گونه و صدور گواهینامه تجاری بسیار مهم است (Chao and Tlusty, 2010). یک سیستم طبقه‌بندی فنوتیپی قوی که در توصیفگرهای بصری و نشانگرهای مولکولی نوظهور ریشه دارد، اصلاح نژاد انتخابی را افزایش می‌دهد، از رکود همخونی جلوگیری کرده و از حفاظت از منابع ژنتیکی وحشی در آبزی‌پروری دیسکس در آینده پشتیبانی می‌کند (Tian *et al*., 2021).

مطالعات ژنتیکی ویژگی‌های ژنوتیپی

مطالعات ژنتیکی انجام‌شده بر ماهی دیسکس نشان داده‌اند که ژن‌های میتوکندریایی مانند *COI* و *Cyt b* ابزار مؤثری برای تشخیص اختلافات در سطح گونه و نژاد هستند و در مطالعات فیلوژنتیک و شناسایی تنوع بین‌گونه‌ای کاربرد گسترده‌ای دارند (Ng et al., 2021). همچنین از تکنیک‌های نشانگر مولکولی مانند *SSR* و *AFLP* برای ارزیابی تنوع ژنتیکی درون‌جمعیتی و تعیین ساختار ژنتیکی این جنس استفاده شده است که نتایج قابل‌اعتمادی در تفکیک نژادها و بررسی روابط ژنتیکی ارائه داده‌اند (Ng *et al*., 2023). روش *RAPD* نیز به عنوان ابزاری سریع و کم‌هزینه برای شناسایی نژادهای تجاری و بررسی پلاستیسیته فنوتیپی مورد استفاده قرار گرفته (Koh *et al*., 1999)، هرچند در سال‌های اخیر به دلیل نگرانی‌هایی درباره تکرارپذیری پایین در این روش مولکولی، اعتبار آن در مطالعات دقیق کاهش یافته است. علاوه‌براین، ژن هسته‌ای *RAG* در مطالعات فیلوژنتیک درون‌گونه‌ای نقش مهمی ایفاء کرده به‌ویژه در بررسی روابط تکاملی بین نژادهای مختلف دیسکس مؤثر بوده است (Orgogozo *et al*., 2015). نتایج حاصل از این نشانگرها نشان می‌دهند که برخی فنوتیپ‌های مشابه از نظر رنگ و الگوهای بدنی ممکن است ریشه‌های ژنتیکی متفاوتی داشته باشند و در مقابل، تفاوت‌های ژنتیکی بارز گاهی بدون تغییرات فنوتیپی آشکار باقی می‌مانند. این یافته‌ها اهمیت استفاده هم‌زمان از داده‌های مولکولی و فنوتیپی را در مطالعات اصلاح‌نژاد و حفظ تنوع ژنتیکی برجسته می‌سازند (Reichley *et al*., 2017).

راهکارهای آینده

خطرات پرورش درون‌جمعیتی

در پرورش ماهی دیسکس تکثیر درون‌جمعیتی یکی از چالش‌های جدی محسوب می‌شود که می‌تواند پیامدهای ژنتیکی، بهداشتی و اقتصادی قابل‌توجهی به‌همراه داشته باشد. کاهش تنوع ژنتیکی ناشی از پرورش درون‌جمعیتی باعث افت توانایی ماهی‌ها در مقابله با بیماری‌ها و تغییرات محیطی می‌شود و این موضوع در مطالعات مربوط به دیسکس نیز تأیید شده است (Ng *et al*., 2021). شباهت ژنتیکی بالا در جمعیت‌های پرورشی به‌ویژه در شرایط تراکم زیاد، زمینه‌ساز گسترش سریع بیماری‌های ویروسی، باکتریایی، قارچی و انگلی است که در

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

فارم‌های دیسکس گزارش شده‌اند (Aquaro *et al*., 2012). همچنین اختلالات فیزیولوژیک و رفتاری مانند کاهش رشد، ضعف سیستم ایمنی و بروز ناهنجاری‌های جسمی در نتیجه هم‌خونی بالا مشاهده شده‌اند (Reichley *et al*., 2017). در صورت ورود ماهیان ناقل یا بیمار به محیط‌های طبیعی، خطر انتقال بیماری به اکوسیستم‌های آبی و آسیب به گونه‌های بومی نیز وجود دارد (Chao and Tlusty, 2010). از منظر اقتصادی، شیوع بیماری‌ها و کاهش کیفیت ماهیان پرورشی منجر به افت تولید، افزایش هزینه‌های درمان و کاهش سودآوری می‌شود (Ng *et al*., 2023). به طور خاص در مورد دیسکس، تکثیر جمعیت‌های بسته بدون ورود ژن‌های خارجی منجر به کاهش هتروزیگوتی، تنوع آللی و افزایش صفات نامطلوب مانند حساسیت بالا به بیماری‌ها و اختلالات رشد می‌شود که در نهایت می‌تواند جمعیت را به سمت فرسایش ژنتیکی و انقراض عملکردی سوق دهد (Orgogozo *et al*., 2015). برای مدیریت این مخاطرات، اجرای برنامه‌های اصلاح‌نژاد با ورود کنترل‌شده خطوط خارجی، استفاده از بانک ژن‌های محلی و پایش مستمر شاخص‌های ژنتیکی مانند ضریب هم‌خونی توصیه می‌شود (Ng *et al*., 2021).

امکان هیبریدگیری

مطالعات فیلوژنتیک و تجربیات عملی در پرورش این ماهی نشان داده‌اند که امکان هیبریدگیری موفق عمدتاً محدود به گونه‌های درون‌جنس است به‌ویژه بین نژادهایی مانند Leopard و Albinoکه از نظر رفتاری و ژنتیکی سازگاری بالایی دارند (Ng *et al*., 2023). در مقابل، تلاش‌ها برای ایجاد هیبرید بین دیسکس و سایر سیچلایدها مانند (*Pterophyllum scalare*) و ماهی آنجل با شکست مواجه شده‌اند که این امر به تفاوت‌های کروموزومی، رفتارهای تولیدمثلی ناسازگار و عدم هم‌خوانی فیزیولوژیک مربوط می‌شود (Chao and Tlusty, 2010). هیبریدهای درون‌گونه‌ای می‌توانند ویژگی‌های مطلوب فنوتیپی مانند رنگ، الگوهای بدنی و مقاومت را در یک نمونه ترکیب کنند، اما این فرآیند نیازمند پایش دقیق ژنتیکی است تا از افزایش هم‌خونی و بروز اختلالات ژنتیکی جلوگیری شود (Orgogozo *et al*., 2015; Reichley *et al*., 2017).

پلاستیسیته فنوتیپی و مکانیسم‌های اپی‌ژنتیک

پلاستیسیته فنوتیپی یکی از عوامل مهم در تاب‌آوری گونه‌هاست. این ویژگی که اغلب به‌واسطه تغییرات اپی‌ژنتیک میانجی‌گری می‌شود، به ژنوتیپ‌های فردی اجازه می‌دهد تا فنوتیپ‌های متفاوتی را در پاسخ به تغییرات محیطی بروز دهند. این یکی از ویژگی‌های بنیادین موجودات زنده، از جمله ماهیان، است. این پدیده اغلب از طریق تنظیم الگوهای بیان ژن محقق می‌شود (Budd *et al*., 2022). این عوامل خارج ژنومی وابسته به محیط بیوشیمیایی اطراف ژنوم مربوط که توالی ژنتیکی را تغییر نمی‌دهد (Griffith and Kaut, 2024) به ماهی اجازه می‌دهند تا به صورت پویا به تغییرات محیطی پاسخ دهد و سازگاری خود را افزایش دهد. شایان ذکر است که شرایط موجود در مراکز پرورش ماهی سرشار از سیگنال‌های محیطی است که می‌توانند به عنوان محرک‌های اپی‌ژنتیکی عمل کنند. از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به تغییرات اقلیمی مانند استرس حرارتی، هیپوکسی (کمبود اکسیژن) و شوری آب، عوامل انسانی مانند آلاینده‌ها (فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها) و کیفیت یا کمیت رژیم غذایی و عوامل زیستی همچون بیماری‌های عفونی و استرس‌های اجتماعی اشاره کرد. این محرک‌ها قادرند تغییرات اپی‌ژنتیک پایداری را در ژن‌های مرتبط با رشد، ایمنی و تولیدمثل ایجاد کنند. برای نمونه، نوسانات دمایی می‌توانند الگوهای متیلاسیون DNA را تغییر داده و مقاومت حرارتی ماهی را افزایش دهند (Abdelnour *et al*., 2024). این درک برای پرورش دیسکس که به کیفیت آب و دما بسیار حساس است ، اهمیتی حیاتی دارد (Ng *et al*., 2023; Slideshare, 2023). مدیریت دقیق این شاخص‌ها نه‌تنها برای رفاه آنی ماهی بلکه برای شکل‌دهی به الگوهای بیان ژن که صفات مطلوب تجاری را در درازمدت تعیین می‌کنند، ضروری است.

برای درک ملموس‌تر این مفاهیم، مطالعه‌ای بر سیکلید آفریقایی *Astatotilapia burtoni* بسیار راهگشاست. در این گونه، تغییر رنگ بدن از آبی به زرد مستقیماً با یک مکانیسم اپی‌ژنتیکی کنترل می‌شود. قرار گرفتن ماهی در یک محیط با پس‌زمینه زرد، باعث هایپرمتیلاسیون (افزایش متیلاسیون) DNA در یک جایگاه سیتوزین مشخص در پروموتر ژن گیرنده اندوتلین B می‌شود. این هایپرمتیلاسیون منجر به کاهش بیان ژن می‌گردد. کاهش فعالیت این ژن به‌نوبه خود باعث پراکندگی رنگدانه‌های زرد در سلول‌های رنگی (گزانتوفورها) شده و در نتیجه، رنگ زرد بدن ماهی نمایان می‌شود. این مثال، یک ارتباط مستقیم و

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

برگشت‌پذیر میان یک سیگنال محیطی (رنگ پس‌زمینه)، یک نشانگر اپی‌ژنتیک خاص (متیلاسیون DNA) و یک تغییر فنوتیپی چشمگیر (رنگ بدن) را به نمایش می‌گذارد. از آن‌جایی‌که دیسکس نیز از خانواده سیکلیدهاست، بسیار محتمل است که مکانیسم‌های مشابهی در کنترل الگوهای رنگی پیچیده آن نقش داشته باشند. این مطالعه نشان می‌دهد که پرورش‌دهندگان ممکن است بتوانند بیان رنگ را نه‌تنها از طریق انتخاب ژنتیکی بلکه با دستکاری دقیق محیطی (رنگ مخازن یا طیف نوری)، کنترل کنند (Fang *et al.*, 2022).

کاربردهای عملی

در عرصه توسعه پایدار صنعت پرورش ماهی دیسکس، طراحی و اجرای برنامه‌های اصلاح‌نژاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نخست، انتخاب والدین بر اساس شاخص‌های فنوتیپی نظیر رنگ، الگوی بدنی و رفتار، در کنار داده‌های ژنوتیپی حاصل از نشانگرها مولکولی، می‌تواند منجر به تولید نمونه‌هایی با کیفیت بالا و ویژگی‌های مطلوب تجاری شود. در مرحله بعد، حفظ سلامت ژنتیکی جمعیت‌های پرورشی نیازمند ایجاد بانک‌های ژنتیکی و بهره‌گیری از واردات کنترل‌شده خطوط غیربومی است تا از بروز هم‌خونی و کاهش تنوع ژنتیکی جلوگیری شود. همچنین شناسایی ژن‌های مرتبط با مقاومت به بیماری‌ها از طریق مطالعات ژنتیکی پیشرفته، امکان تولید خطوط مقاوم و کاهش وابستگی به داروهای شیمیایی را فراهم می‌سازد. تحقق این اهداف نیازمند همکاری میان پژوهشگران ژنتیک، پرورش‌دهندگان حرفه‌ای و نهادهای نظارتی است تا بتوانند با تدوین سیاست‌های علمی و اجرایی، متوازن‌ترین و مؤثرترین برنامه اصلاح‌نژاد را در سطح ملی و منطقه‌ای پیاده‌سازی کنند. با اشاره به مشکلات تکثیر و پرورش لارو این ماهی و تغذیه لاروها از موکوس مولدین و کاهش زادآوری و قدرت تکثیر وابسته به مخاط والدین بایستی اشاره کرد که هر گونه نوع آوری در تولید غذای ویژه آبزیان زینتی می‌تواند گره‌گشای این صنعت باشد. هم‌اکنون با بحران تهیه سیست آرتمیا و سایر غذاهای زنده به دلیل خشکسالی‌های فراگیر تالاب‌های ایران و افزایش قیمت آن، کمبود غذای زنده باکیفیت یکی از چالش‌های مهم در پرورش ماهیان زینتی است. پژوهش‌های اخیر در ایران نشان داده‌اند که استفاده از پودر جلبک اسپیرولینا به جای جلبک‌های زنده در تغذیه آبزیان به‌خصوص زمانی‌که بتوان از آن به صورت خمیری استفاده نمود، علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی، موجب بهبود رشد، بقاء، بلوغ، و تغییر ویژگی‌های اپی ژنتیک در آبزیان شود. این راهکار تغذیه‌ای می‌تواند به عنوان الگویی برای ارتقاء صنعت آبزی‌پروری زینتی در ایران و کاهش وابستگی به واردات مطرح شود (Roshendel *et al*., 2024, 2025).

وضعیت پژوهش در ایران

تاکنون در ایران تمرکز مطالعات به توصیف فنوتیپی نژادهای وارداتی محدود بوده و تنها چند مطالعه مقدماتی از کاربرد روش‌های مولکولی گزارش شده است. در سال‌های اخیر، علاقه‌مندی به پرورش و نگهداری ماهی دیسکس (*Symphysodon* spp.) در ایران افزایش یافته و این موضوع زمینه‌ساز تولید برخی منابع آموزشی و تجربی در قالب کتاب‌ها و مقالات داخلی به‌خصوص در ارتباط با مباحثی چون تغذیه، شرایط زیستی، روش‌های تکثیر و مدیریت پرورش شده است (Mahini, 2020). در تحقیقات اخیر حتی مشخص شده است که جیره‌های حاوی پروتئین حیوانی به‌ویژه پودر ماهی و میگو، عملکرد بهتری در رشد و بقاء لاروها نسبت به منابع گیاهی داشتند. این مطالعه اهمیت انتخاب منبع پروتئینی مناسب در تغذیه اولیه ماهی دیسکس را برای دستیابی به رشد مطلوب و کاهش تلفات نشان می‌دهد (Hayati *et al*., 2017).

بنابراین، فقدان بانک‌های ژنی بومی و عدم نظارت مستمر بر شاخص‌های ژنتیکی باعث شده است، جمعیت‌های پرورشی با خطر کاهش تنوع و افزایش هم‌خونی روبه‌رو شوند. گسترش تحقیقات با تاکید بر روش‌های مولکولی پیشرفته، گردآوری داده‌های جمعیتی و ایجاد شبکه تبادل اطلاعات بین مراکز تحقیقاتی می‌تواند خلأ فعلی را پر کند.

نتیجه‌گیری

مطالعه همزمان فنوتیپ و ژنوتیپ ماهی دیسکس نقش تعیین‌کننده‌ای در پیشبرد صنعت پرورش این گونه دارد. تنوع فنوتیپی گسترده تنها در سایه تنوع ژنتیکی حفظ می‌شود و رصد مداوم ساختار جمعیتی، جلوگیری از پرورش درون‌جمعیتی و بهره‌گیری از خطوط خارجی، از بروز مخاطرات ژنتیکی جلوگیری می‌کند. به‌علاوه، امکان هیبریدگیری محدود است و تنها بین نژادهای درون‌گونه‌ای توصیه می‌شود، زیرا هیبریدهای بین‌گونه‌ای با فقدان سازگاری ژنتیکی همراه خواهند بود.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

برای آینده، پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران با بهره‌گیری از ابزارهای ژنومیک جامع، مانند توالی‌یابی کل ژنوم و SNP یا استفاده از تکنیک‌های جدیدی مانند DGGE (Manaffar, 2012)، به تحلیل عمیق‌تر ویژگی‌های ژنتیکی بپردازند و برنامه‌های اصلاح‌نژاد مبتنی بر داده‌های دقیق را تدوین کنند. بدین‌ترتیب، می‌توان ضمن حفظ تنوع ژنتیکی، به تولید دیسکس‌های با عملکرد بهتر، مقاومت بالاتر به بیماری‌ها و زیبایی ظاهری بیشتر دست یافت که این مساله علاوه بر منافع اقتصادی، در ارتقاء استانداردهای علمی پرورش ماهیان زینتی نیز موثر خواهد بود.

منابع

Abdelnour, S.A., Naiel, M.A., Said, M.B., Alnajeebi, A.M., Nasr, F.A., Al-Doaiss, A.A. and Noreldin, A.E., 2024. Environmental epigenetics: Exploring phenotypic plasticity and transgenerational adaptation in fish. *Environmental Research*, 252, 18799 P. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118799

Aquaro, G., Salogni, C., Galli, P., Gibelli, L. and Gelmetti, D., 2012. Sciadicleithrum variabilum (Dactylogyridae: Monogenea) infection in Symphysodon discus: a case report. *Fish Pathology*, 47(1), pp. 23–26. https://doi.org/10.3147/jsfp.47.23

Baxter, L.L., Watkins-Chow, D.E., Pavan, W.J. and Loftus, S.K., 2019. A curated gene list for expanding the horizons of pigmentation biology. *Pigment Cell and Melanoma Research*, 32(3), pp. 348–358. https://doi.org/10.1111/pcmr.12743

Bleher, H., 2006. *Bleher's Discus*. Aquapress.

Budd, A.M., Robins, J.B., Whybird, O. and Jerry, D.R., 2022. Epigenetics underpins phenotypic plasticity of protandrous sex change in fish. *Ecology and Evolution*, 12(3), e8730. https://doi.org/10.1002/ece3.8730

Chao, N.L. and Tlusty, M., 2010. Status of the Discus Fish (*Symphysodon* spp.) in the ornamental fish trade. *Ornamental Aquatic Trade Journal*, 5(2), pp. 45–52.

Discus.com, 2023. The genealogy and evolution of hybrid discus fish strains. Available at: https://www.discus.com/science/the-genealogy-and-evolution-of-hybrid-discus-fish-strains/

Dudu, A., Georgescu, S.E. and Costache, M., 2015. Evaluation of genetic diversity in fish using molecular markers. In: M. Çalışkan, İ.H. Kavaklı and B. Ozcan, eds. *Molecular Approaches to Genetic Diversity*, pp. 1–20. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/60423

Elyasigorji, Z., Izadpanah, M., Hadi, F. and Zare, M., 2023. Mitochondrial genes as strong molecular markers for species identification. *The Nucleus*, 66, pp. 81–93. https://doi.org/10.1007/s13237-022-00393-4

Fang, W., Blakkan, D., Lee, G., Bashier, R., Fernald, R.D. and Alvarado, S.G., 2022. DNA methylation of the endothelin receptor B makes blue fish yellow. *bioRxiv*. https://doi.org/10.1101/2022.09.01.506212

Gonçalves-de-Freitas, E., Giaquinto, P. C. and Volpato, G. L., 2021. Understanding behaviour to improve the welfare of an ornamental fish. Applied Animal Behaviour Science, 244, 105481. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105481

Griffith, E. and Kaut, K.P., 2024. An epigenetically driven relationship between parental PTSD and inflammatory disease in offspring: A proposal. *Journal of Neuropsychology and Behavioral Processes*, 1(1), 4 P.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

Hayati, A., Khara, H. and Rajabi, H., 2017. Evaluation of Different Protein Sources in Diet on Growth and Survival of Discus Fish (Symphysodon discus) Larvae. *Scientific-Promotional Journal of Ornamental Aquatics*, 4(2), pp. 7–11. In perdian.

Hooti, V. and Manaffar, R., 2023. Spirulina; the food for future. *Journal of Ornamental Aquatics*, 10(2), pp. 1–13. In perdian.

Koh, T.L., Khoo, G., Fan, L.Q. and Phang, S.M., 1999. Genetic diversity among wild and cultured discus (Symphysodon spp.) populations revealed by RAPD markers. *Aquaculture Research*, 30(6), pp. 437–445.

Kohli, M.P.S. and Tandon, R.S., 2018. Discus fish (*Symphysodon* spp.): King of aquarium fishes – A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), pp.295–300. DOI: 10.22271/journal.2018.v6.i3d.1234

Mahini, S., 2020. *Modern Principles of Breeding and Rearing Discus Fish*. Zarrin Farm Technical and Vocational Education Publishing. (In Persian)

Manaffar, R., 2012. *Genetic Diversity of Artemia Populations in Lake Urmia, Iran*. PhD thesis. Ghent University.

Mohebbi, F., Riahi, H., Sheidaei, M., Shariatmadari, Z. and Manaffar, R., 2015. Environmental control of the dominant phytoplankton in Aras Reservoir (Iran): A multivariate approach. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 20(3), pp. 206–215.

Nahavandi, R., Nekouei-Fard, A. and Masaeli, Sh., 2025. Native Ornamental Fish Farming in Iran: Challenges and Opportunities with Emphasis on Indigenous Species and Their Breeding Potential. *Scientific-Promotional Journal of Ornamental Aquatics*, 12(1), pp. 37–51. (In perdian)

Ng, T.T., Sung, Y.Y., Danish-Daniel, M., Sorgeloos, P., de Peer, Y.V., Wong, L.L. and Tan, M.P., 2021. Genetic variation of domesticated discus (Symphysodon spp.). *Bioflux*, 14(3), pp. 832–840.

Ng, T.T., Tan, M.P., Danish-Daniel, M., Sorgeloos, P., Lau, C.C. and Yeong, Y.S., 2023. Industrial perspective: Propagation, phenotypic characteristics, and varieties of the domesticated discus fish (Symphysodon spp.). *Aquaculture International*, 32, pp. 1247–1275. https://doi.org/10.1007/s10499-023-01215-3

Orgogozo, V., Morizot, B. and Martin, A., 2015. The differential view of genotype–phenotype relationships. *Frontiers in Genetics*, 6, 179 P. https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00179

Rahmati-Holasoo, H., Niyyati, M., Fatemi, M., Mahdavi Abhari, F., Shokrpoor, S., Nassiri, A. and Marandi, A., 2024. Molecular identification, phylogenetic analysis and histopathological study of pathogenic free-living amoebae isolated from discus fish (Symphysodon aequifasciatus) in Iran: 2020–2022. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 54 P. https://doi.org/10.1186/s12917-024-03902-6

Reichley, S.R., Ware, C., Steadman, J., Gaunt, P.S., García, J.C., LaFrentz, B.R., Thachil, A., Waldbieser, G.C., Stine, C.B., Buján, N. and Arias, C.R., 2017. Comparative phenotypic and genotypic analysis of Edwardsiella isolates from different hosts and geographic origins, with emphasis on isolates formerly classified as E. tarda, and evaluation of diagnostic methods. *Journal of Clinical Microbiology*, 55(12), pp. 3466–3491. https://doi.org/10.1128/JCM.01070-17

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]

Roshendel, M., Manaffar, F., Ramin, A. and Meshkini, M., 2024. A comparative study on the growth, survival, and total protein content in *Artemia franciscana* fed with *Spirulina* and *Dunaliella* algae powder under laboratory conditions. *Fish Physiology and Biotechnology*, 12(3), pp. 1–21. *(DOI not available).* In perdian.

Roshendel, R., Manaffar, R. and Meshkini, S., 2025. Quantification of fatty acid profile and evaluation of survival under salinity and temperature stress in *Artemia franciscana* fed with *Spirulina* algae powder under laboratory conditions. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 38(1), pp. 47–62. https://doi.org/10.22034/jar.2025.8301.1953. (In perdia)

Salehi, M. and Faizbakhsh, R., 2021. Future research on the development of the Iranian ornamental fish trade based on model evaluation (Environmental Scanning Model) and strategy planning in international marketing. *Journal of Ornamental Aquatics*, 8(1), pp. 29–36. https://doi.org/10.22034/joa.2021.245. (In Persian)

Slideshare, 2023. *Discus Fish: Introduction, Morphology and Behaviour Characteristics*. [online] Available at: https://www.slideshare.net/slideshow/discus-fish-introduction-morphology-and-its-behaviour-characteristics/267146885 [Accessed 5 Oct. 2025].

Tian, T., Zhang, Y. and Liu, H., 2021. Genetic variation of domesticated discus (*Symphysodon* spp.). *Bioflux*, 14(3), pp. 832–840.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.12.3.45]